



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES



TESIS

PROSPECTIVA ESTRATÉGICA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO RESIDUAL DE *Agave* GENERADO AL PRODUCIR MEZCAL EN MICHOACÁN

Para obtener el grado de Maestra en Producción Agropecuaria
Opción terminal en Agronegocios.

Presenta

Jure Teresa Toral Paz

Asesor

Dr. Alejandro Martínez Palacios

Sinodales:

Dr. José Herrera Camacho

Dr. Nahum M. Sánchez Vargas

Morelia, Michoacán. Octubre 2015

DEDICATORIA

A Dios: Por estar presente en cada paso de mi vida, porque pone en mi camino grandes pruebas pero siempre abre una puerta que ilumina mi andar.

A mis padres: Por haber dedicado sus vidas a la buena formación de las nuestras, su tenacidad ante las adversidades, por sus consejos, motivación y apoyo incondicional en todo momento.

A mi hermano: Por ser la alegría de la casa, por venir a acompañarme en esta hermosa experiencia de crecer, por el gran amor que siempre me demuestra, por transmitirme su gran fe en Dios en momentos difíciles y por ponerme el ejemplo para nunca rendirse aunque implique volver a empezar.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo para la realización de los estudios de maestría en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por aceptarme como alumna para el programa de maestría.

Al doctor Alejandro Martínez Palacios por apoyarme como tutor principal y siempre al pendiente de este trabajo para su buen término.

Al doctor José Herrera Camacho por su apoyo y asesoría en la parte administrativa como en la académica.

A los doctores Nahum M. Sánchez Vargas, José Luis Montañez Soto y al maestro José Álvaro Merlos por aceptar la cotutoría de este trabajo y por sus valiosos comentarios y aportes.

Al doctor Guillermo Salas Razo, director del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, por su buena gestión y apoyo para el buen desempeño de esta maestría.

Al doctor Gonzalo Canché Escamilla por su amabilidad, apoyo y asesoría en la parte tecnológica que lleva esta tesis.

Al Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, por las facilidades para la realización de estancia académica que posibilitó la información necesaria para completar este trabajo de tesis.

Al Jonhás Flores. Representante de los Ixtleros Coahuila SA de CV. Por su apoyo y colaboración con valiosa información sobre el sector económico que representa.

Al doctor José Guadalupe Martínez Avalos, por su apoyo para la realización del trabajo de campo que involucro esta tesis.

Al Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas, por las facilidades para la realización de estancia académica que posibilitó la información necesaria para completar este trabajo.

Al Doctor Agustín Jaime Castro Montoya Responsable Técnico de la Red Temática de Bioenergía, y a su asistente Ana Laura Martínez, por facilitarme la asistencia a sus reuniones con valiosa información sobre los procesos para la transformación del bagazo residual de *Agave*

Al, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C (CIATEJ), Por su disposición y asistencia que fuera el vínculo con algunas empresas de transformación del bagazo residual en el estado de Jalisco.

A Emilio Vieyra Vargas representante no gubernamental del sistema Producto Maguey- Mezcal de Michoacán y al Ingeniero Esteban Guzmán Barrera gerente del Sistema Producto Maguey- Mezcal de Michoacán, por su disposición y colaboración para efecto de este trabajo.

A Luz María Saavedra Hernández presidenta de la Unión Empresarial de Productores de *Agave* y Mezcal Michoacano por su disposición y colaboración para la realización de este trabajo.

A todo aquello y a todos aquellos que de una u otra manera han influido en mí para alcanzar mis objetivos académicos. Gracias.

RESUMEN

El objetivo de esta tesis fue la generación de una propuesta prospectiva mediante escenarios posibles y deseables, en pro del aprovechamiento del bagazo residual de *Agave* que generan los productores de mezcal en Michoacán, para transformarlo en productos de interés comercial. Lograrlo implicó encuestar a productores de mezcal de Michoacán, efectuar una investigación documental sobre tecnologías aplicables, consultar a expertos para culminar con la generación de la propuesta considerando puntos de vista a diez años, bajo las perspectivas de desarrollo en forma individual o mediante el acopio del bagazo por zona mezcalera.

Una tonelada mensual es, aproximadamente, el bagazo residual generado por productor de mezcal. En los municipios de Queréndaro y Madero se concentra la mayor cantidad de productores, con aproximadamente doscientas cuarenta toneladas anuales en cada región. Si emprendieran individualmente una propuesta tecnológica se cree que en primer lugar podrían optar por producir briquetas para combustible y en segundo lugar, adobes para construcción. Para la industrialización mediante el acopio por zona mezcalera, las opciones más deseables y posibles serían: Pallets o briquetas, tableros aglomerados, laminas para techos. Estas opciones representan alto valor comercial, no requieren previa alianza con otra industria para la comercialización y las producciones podrían acomodarse localmente o adaptarse a escalas más ambiciosas.

Palabras clave: residuos, regiones, individual, acopio, comercial.

ABSTRACT

The approach of this thesis is generation of prospective propose whit possible end desirable scenario, tending to used residual bagasse of *Agave* that are generated for mezcal producers in Michoacán, for his transformation in commercial interest products. Achieve incurred in poll to mezcal producers of Michoacán participants, make documental research about applicable technologies, expert consultation end finish with generation of propose considering to teen years see point, down perspectives of individual or through gathering bagasse in region's development.

Per month one tons is approximately the residual bagasse generated for mezcal producer. Queréndaro end Madero centered the biggest quantity of producers, with 240 tons approximately every region. If ongoing individually one technology propose, is thinking that in first level option will be briquettes end pallets production for combustibles, in second level, for construction adobe. From industrialization in the region, the possible end wishes option will be, pallets o briquettes, chipboard, roofing sheet. These options represent high commercial value, non-required first according whit any one industry for products. Commercialization, the productions will be locally customers or adaptive to most ambitious scales.

Keywords: waste, regions, detached, collection, commercial.

INDICE

	Pag.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
2.1 El <i>Agave</i> y su explotación comercial	2
2.1.1 Fibras	2
2.1.2 Jugos	3
2.2 Entorno Michoacano de agaveros	7
2.3 Residuos de <i>Agave</i>	8
2.3.1 Residuos sólidos	8
2.3.2 Residuos líquidos	8
2.4 Aprovechamiento de bagazo residual de <i>Agave</i>	9
2.4.1 Fibras sin transformación	9
2.4.2 Sustratos	9
2.4.3 Obtención de celulosa y lignina	10
2.4.4 Combustibles	11
2.5 Justificación	14
2.6 Hipótesis	14
2.7 Objetivos	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
IV. RESULTADOS	18
V. VISIÓN PROSPECTIVA	26
VI. PROPUESTA PROSPECTIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO RESIDUAL DE <i>Agave</i>, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA SU TRANSFORMACIÓN EN PRODUCTOS DE INTERÉS COMERCIAL	27
VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA	28
VIII. ANEXOS	39

I. INTRODUCCIÓN

En Michoacán se distribuyen seis especies del género *Agave* de las que se aprovechan los azúcares contenidos en su tallo para la producción de la bebida destilada artesanal llamada mezcal (Gentry, 1982; Colunga *et al.*, 2007), cuya denominación de origen mezcal fue autorizada en 29 municipios en Michoacán, desde el 21 de noviembre del 2012 (Rosiles, 2012), esto ha generado que empresarios visionarios tanto de la iniciativa privada como pública inviertan en este sector en desarrollo y como parte integral, al vislumbrar el crecimiento del sector mezcalero, se deben contemplar también los aspectos colaterales, como lo es el proporcional incremento en la generación de bagazo residual de *Agave* (Ramos y Ramos, 2012).

El bagazo de *Agave* está compuesto por fibra leñosa (lignina, celulosa y hemicelulosa, principalmente) mezclada con jugo residual. La fibra leñosa o residuo lignocelulósico tarda hasta ocho años para su completa biodegradación, por lo que se acumula tanto en el campo como en las vinatas, por ello, no proporcionarle un manejo adecuado, podría ocasionar una acumulación orgánica que se consideraría contaminación ambiental. Por otra parte, el bagazo residual de *Agave* representa materiales poliméricos de interés industrial debido a su origen renovable y biodegradabilidad de sus derivados (Hon, 2000; Stewart *et al.*, 1997), por lo que en este trabajo se plantea la elaboración de escenarios de transformación en productos potencialmente comerciables.

Dada la heterogeneidad de los recursos naturales y de los sistemas agrícolas así como la diferencia económica entre los actores del sistema producto maguey-mezcal, es claro que no puede existir un tipo único de intervención tecnológica para el desarrollo; las soluciones deben diseñarse de acuerdo con las necesidades y aspiraciones de las comunidades, así como las condiciones biofísicas, técnicas y socioeconómicas. Para este efecto se evalúa primero la situación actual de producción y productores de mezcal en Michoacán, y se revisan propuestas tecnológicas que se adecuen a los materiales residuales de bagazo de *Agave*, con lo que se proponen escenarios estratégicos en beneficio de este sector económico de la sociedad.

II. ANTECEDENTES

2.1 El *Agave* y su aprovechamiento comercial en México

El *Agave* es el género de la familia Agavaceae (actualmente incluida en la familia Asparagaceae) con aproximadamente 200 especies, 150 de estas especies se encuentran en México y cada una con características particulares que las hacen aprovechables, ya sea por el jugo contenido en sus tallos y hojas, como por la fibra que les da soporte (Gentry, 1982; Granados, 1993). Generalmente los *Agaves* se cultivan a una altitud de entre 1500 y 2000 metros sobre el nivel del mar, requieren un clima semi-seco con temperatura promedio de 20 °C y suelo arcilloso, permeable y abundante en elementos derivados del basalto y con presencia de hierro, preferentemente volcánico (Gentry, 1982; Granados, 1993). Su aprovechamiento, ya sea por sus fibras o su jugo, puede ocurrir a escala doméstica o comercial, por lo que se mencionarán las características y uso principal, que en investigación documental se encontró, del aprovechamiento comercial de estas especies en diferentes estados de México.

2.1.1 Fibras

A las fibras obtenidas de los *Agaves* y de otras variedades de plantas de la familia agavácea se les conoce bajo los nombres comunes de “ixtle, sisal, pita, etc.” Sin embargo, en general, en conjunto con las fibras naturales de otras plantas afines, son conocidas como fibras duras por su gran resistencia. En México, las especies más demandadas para el aprovechamiento de sus fibras son el “henequén” *Agave furcroydes* Lem., “ixtle de lechuquilla” *Agave lechuquilla* Torr., “sisal” *Agave sisalana* Perrine, *Agave angustifolia* Haw, *Agave maximiliana*, *Agave americana*, *Agave atrovirens*, “ixtle de la selva, o fibra de pita” *Aechmea magdalenae* André ex Baker, “maguey bravo” *Agave inaequidens* Koch, *Agave hookeri* Jacobi, “fúrcrea, cabuya, fique, maguey, motua” *Furcraea bedinghausii* Koch., entre otros. Su aprovechamiento a escala industrial se desarrolló desde el siglo XIX en Indonesia, Filipinas, este de África y, a menor escala, en México, a pesar de ser el lugar de origen de los *Agaves* (Gentry, 1982; García *et al.*, 2010; Mohanty *et al.*, 2000; Nieves *et al.*, 2007).

La FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) en el 2008, dio a conocer que de acuerdo a la tendencia de incremento de los precios de los productos derivados del petróleo, las fibras duras por su carácter renovable, nuevas aplicaciones y la sensibilización sobre la inocuidad para el medio ambiente, a largo plazo aumentarán su competitividad, otorgando un panorama optimista en el reposicionamiento de las fibras duras, con mayor fuerza que en los inicios de su industrialización en el siglo XIX. La producción anual estimada de fibras duras a nivel mundial es de alrededor de 300,000 toneladas. Los mayores productores son Brasil con 120,000 toneladas, Tanzania con 30,000 y Kenia con 25,000 (Gentry, 1982; FAO, 2008; FAO, 2014). Aunque México no es un país que compite entre los mayores exportadores de fibra

de *Agave*, la zona productora de ixtle en el norte del país abarca los estados de Coahuila, Hidalgo, Nuevo León, San Luis Potosí, Durango, Tamaulipas y Zacatecas, su producción es comercializada bajo el nombre de “Tampico Fiber” a grandes empresas acaparadoras que la adquieren a muy bajos precios como consecuencia de su sistema socio político, presentando entonces una crisis muy imponente que ha orillado a la mayoría de los productores a abandonar esta actividad (Integradora de Ixtleros de Zacatecas S.A. de C.V. y Consultoría Kalan Kash S.C., 2009). La producción de henequén fue una industria que tuvo gran peso en el estado de Yucatán; sin embargo, a la fecha también ha decaído hasta casi desaparecer, el volumen de producción en Yucatán ha descendido de una manera importante, de casi 37 mil toneladas en el año 2000 a 5 mil 500 toneladas en el año 2010 (Escalante, 2013). Por otra parte, Jalisco tiene algunas localidades que fabrican artesanías nombradas de “pita” que consisten en el tejido de fibras de *Agave* sobre pieles de animal, solos o sobre otros materiales para confeccionar cinturones, sombreros, sogas, etc., artículos todos empleados en el arte de “charrería”, de producción a baja escala pero con alto valor comercial (Gómez, 2012).

En Jalisco, adicionalmente, como resultado de los grandes volúmenes de producción de la bebida “tequila”, se han puesto en marcha proyectos para el aprovechamiento del bagazo residual; entre estos proyectos destacan la producción de papel artesanal y artesanías a baja escala, y a mayor escala industrias de composteo del bagazo, que la empresa “cuervo”, en el poblado Tequila, produce e incorpora en su sistema de plantación de los *Agaves* (Comunicación Personal en la empresa “Cuervo”); la empresa “Carbón Diversión América Latina”, en el poblado de Amatitlán, dedicada al briqueteado, emplea el bagazo compactándolo como madera de mayor poder calórico, útil como combustible (García, 2012).

2.1.2 Jugos

El aprovechamiento comercial de los *Agaves* por sus jugos es primordialmente para producir bebidas destiladas, beberlo sin procesar como aguamiel o pulque y, en menor medida, elaborar miel de bajo índice glucémico y jugo con fines medicinales. Para la elaboración de las bebidas destiladas el proceso inicia con el abastecimiento de los tallos de las plantas de *Agave*, previamente despojados de sus hojas que comúnmente se quedan tiradas en el campo, al lugar donde se elabora el destilado de *Agave* nombrado “vinata”, estos tallos son horneados, posteriormente molidos o cortados en trozos pequeños, el mosto y el bagazo obtenidos son colocados en tambos para su fermentación, transcurrido el tiempo de fermentación, se hace la doble destilación para la obtención del mezcal, de aquí al obtener el mezcal como producto primario queda como residuo el bagazo conformado por la fibra que daba estructura a la planta y la vinaza que es también un jugo residual del proceso (Carrillo, 2007; Mora, 2013). Estas bebidas son producidas a lo largo de casi toda la República Mexicana bajo diferentes nombres, algunas veces bajo denominación de origen.

La denominación de origen, es una figura jurídica reconocida internacionalmente para garantizar a los consumidores la autenticidad del producto y para salvaguardar los derechos de los productores contra la competencia desleal. En México es el Gobierno el titular de éstas y quien autoriza su uso a productores que cumplan con las disposiciones establecidas, pero ambas partes obtienen reconocimiento a nivel nacional e internacional: el primero como país de origen y los segundos para designar sus productos, comercializarlos y distribuirlos bajo una marca propia amparada por esa figura, lo que les permite solicitar que se impida el uso de ésta a productores que no se encuentren autorizados y que intenten aprovechar el buen nombre que han creado los productores originales, quienes han dedicado largos años a su fabricación y/o cultivo (IMPI, 1994). La denominación les permite, además de proteger el patrimonio productivo, esto es, las técnicas de fabricación o cultivo que muchas veces datan de tiempos ancestrales, mantener su esencia y calidad aun cuando haya cambios tecnológicos. En México hay cinco bebidas destiladas que poseen denominación de origen: mezcal, tequila, bacanora, sotol y charanda; los tres primeros son mezcales, es decir son bebidas destiladas de plantas de *Agave* y se encuentran protegidos y registrados en la Organización Mundial de la Protección Intelectual bajo los números 669 del 13 de abril de 1978, tequila; 731 del 9 de marzo de 1995, mezcal; y 841, bacanora (Carrillo, 2007; Mora, 2013).

Las denominaciones de origen se encuentran reguladas por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Al tequila lo rige la NOM-006-SCFI-2005; al mezcal, la NOM-070-SCFI-1994; y al bacanora, la NOM-168-SCFI-2004. Para la operación de éstas normas existen organismos de certificación acreditados, que junto a la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO), verifican y vigilan que el producto efectivamente mantenga los estándares de calidad requeridos. Así, en 1993 se creó el Consejo Regulador del Tequila, en 2003 el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal A.C., y en 2006 el Consejo Sonorense Promotor de la Regulación del Bacanora (Carrillo, 2007; García, 2013; Mora, 2013).

En el caso del mezcal, El 28 de noviembre de 1994, se publica en el Diario Oficial de la Federación, DOF, la declaración de protección a la Denominación de Origen del Mezcal, registrada ante la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) con sede en Ginebra, Suiza. Actualmente, bajo el estricto cumplimiento de Norma Oficial Mexicana NOM-070 han quedado registrados como territorios protegidos y productores exclusivos de mezcal los estados de Durango, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Zacatecas, Guanajuato (un municipio), Tamaulipas (11 municipios), así como Michoacán (29 municipios) (CRM, 2015).

Ampliando un poco la mención de las bebidas destiladas en México, se detalla los nombres de las mismas, procedencia y especie de *Agave* utilizada para su obtención (Tabla 1):

Tabla 1. Bebidas destiladas de México (IMPI, 2014; CRT, 2014; DOF, 1997; DOF, 2004; DOF, 2005; DOF, 2006; DOF, 2012; DOF, 2012a).

Bebida	Procedencia	Especie
Tequila	Jalisco, Guanajuato, Michoacán Nayarit, Tamaulipas,	Mezcal elaborado con el <i>Agave</i> “azul” (con <i>Agave</i> de la especie <i>tequilana weber</i> variedad azul) (DOF, 2006).
Sotol	Chihuahua, Durango Coahuila, y	Natural y culturalmente forman una sola región y del mismo modo comparten el uso del maguey “verde” o sereque (plantas conocidas comúnmente como sotol, que pertenecen al género <i>Dasyliirion spp.</i>)(DOF, 2004) para producir la bebida destilada sotol.
Bacanora	Sonora	Elaborada a partir de <i>Agave angustifolia</i> Haw (DOF, 2005). La región cultural de la bebida la integran 35 municipios ubicados en la Sierra Madre Occidental.
Pulque	Todo México	Para el que emplean principalmente las especies <i>Agave salmiana</i> var. <i>Salmiana</i> , <i>Agave salmiana</i> var. <i>Ayoteco</i> y <i>Agave mapisaga</i> Trel. (Alfaro <i>et al.</i> , 2007; Nava, 2014).
La “raicilla”	Occidente de Jalisco	Se hace con “la lechuguilla” (<i>Agave maximiliana baker</i>) o a baja escala con el maguey “relisero” (<i>Agave valenciana</i>).
El “licor de <i>Agave</i>”	Tolimán, Zapotitlán. En el sur de Jalisco Tonaya,	Se obtiene del maguey “lineño” (<i>Agave angustifolia</i> Haw.) o de “ixtero amarillo” (<i>Agave rhodacantha</i> Trel.).

Mezcal	Guerrero, Oaxaca, Durango, San Luis Potosí, Zacatecas, Tamaulipas, Guanajuato y Michoacán, bajo Denominacion de Origen Mezcal. Otros estados como Puebla, Chiapas y Sonora comercializan sus destilados de agave localmente como mezcal, sin autorización.	En general el mezcal es una bebida alcohólica elaborada con agaves de las siguientes especies: Agave Angustifolia Haw (maguey espadín); Agave Esperrima jacobi, Amarilidáceas (maguey de cerro, bruto o cenizo); Agave Weberi cela, Amarilidáceas (maguey de mezcal); Agave Patatorum zucc, Amarilidáceas (maguey de mezcal); Agave Salmiana Otto Ex Salm SSP Crassispina (Trel) Gentry (maguey verde o mezcalero); y otras especies de agave, siempre y cuando no sean utilizadas como materia prima para otras bebidas con denominaciones de origen dentro del mismo Estado (DOF, 1997; DOF, 2012).

El Mezcal en Michoacán: En la cuenca del río Balsas y Sierra Madre del Sur se utilizan el maguey chino (*Agave cupreata* Trel. y Berger); el maguey largo (*Agave inaequidens* Koch) y en baja proporción el espadín (*Agave angustifolia* Haw). En la región Sahuayo-Jiquílpan, se utiliza el chato (*Agave americana* var. Americana y var. Oaxacensis), generado de plantaciones clonales (Gentry, 1982; IMPI, 2014; Mora, 2013). Con la sobredemanda de planta, en la actualidad también se utilizan plantas de *Agave salmiana* var. *salmiana*, var. *ferox* y *Agave tequilana weber* var. azul, hecho que los ha orillado a producir el mezcal con la combinación de especies de *Agave* (Dr. Alejandro Martínez Palacios, comunicación personal).

En cuanto a la producción de las principales bebidas destiladas de *Agave* en México: el Tequila y el Mezcal, se tienen los datos siguientes:

En un informe de actividades del Consejo Mexicano Regulador de la calidad del Mezcal (COMERCAM), se estableció que del 2005 al 2012 las marcas registradas se han incrementado en más de un 560 por ciento, mientras que las marcas exportadoras de la bebida crecieron en un 370 por ciento (García, 2013). Oaxaca, es la primera potencia en producción y comercialización al representar el 94 por ciento de todo el mezcal producido bajo registro en el país. En el 2012, se envasaron y exportaron 695,400 litros de mezcal producidos en Oaxaca, mientras que se comercializaron a nivel nacional 236,225 litros. La producción a granel ascendió a 971,955 litros (García, 2013).

De modo paralelo en la industria del tequila, el Consejo Regulador del Tequila en su página oficial (CRT, 2014), reporta que durante el año 2014 el consumo de plantas de *Agave* para la producción de tequila fue de 788,200 toneladas.

2.2 Entorno Michoacano de agaveros

En Michoacán se distribuyen al menos 6 especies de *Agave* con uso para mezcal. En cuanto a su aprovechamiento se menciona que; en la cuenca del río Balsas y Sierra Madre del Sur (entre los 1220 y 1890 metros sobre nivel del mar) se utilizan *Agave cupreata* Trel. & Berger, conocido también como maguey chino. El *Agave inaequidens* Koch, conocido como maguey bruto (en altitudes de 1900 a los 2500 metros sobre nivel del mar), el *Agave americana* var. *americana* conocido como maguey chato, cultivado en la región de Sahuayo-Jiquilpan, así como las especies introducidas: *Agave tequilana weber* var. azul (entre los 1500 y 2000 metros sobre nivel del mar) y *Agave salmiana* var. *angustifolia* A. Berger (en altitudes de 1500 o mayores) (Gentry, 1982; IMPI, 2014; Mora, 2013).

La autorización para su denominación como mezcal en Michoacán, es del 21 de noviembre del 2012 (Rosiles, 2012). La zona de Declaratoria de Protección de Denominación de Origen Mezcal de Michoacán, abarca los municipios de Acuitzio, Aguililla, Ario de Rosales, Buenavista, Charo, Chinicuilá, Coalcomán, Cotija, Cojumatlán, Erongarícuaro, La Huacana, Tacámbaro, Turicato, Tzitzio, Hidalgo, Salvador Escalante, Morelia, Madero, Queréndaro, Indaparapeo, Tarímbaro, Tancítaro, Los Reyes, Tepalcatepec, Sahuayo, Marcos Castellanos, Jiquilpan, Venustiano Carranza y Vista Hermosa (DOF, 2012).

La reciente Denominación de Origen Mezcal para Michoacán, ha generado especulaciones sobre el posicionamiento nacional e internacional de la bebida a más altos precios, para ello se requiere aún un arduo trabajo que involucra trámites burocráticos, abastecer la sobredemanda de plantas a través del establecimiento de plantaciones, alcanzar la competitividad en los estándares de manejo, calidad e inocuidad que los mercados objetivo exigen (NOM-070-SCFI-1994).

En el estado Michoacán se tienen alrededor de ochenta vinatas dedicadas a la producción de la bebida mezcal en la entidad, de las cuales más de 50 no están aptas para ser certificadas ante el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM) por deficiencias en el equipamiento. En Michoacán se cuenta con una superficie de 1,200 hectáreas con plantación de, se estima que con ello se generan 350 mil litros de mezcal al año (Casillas, 2013; Mora, 2013; Anónimo, 2014).

2.3 Residuos de Agave

2.3.1 Residuos sólidos

Después de la destilación del mezcal, queda como residuo la porción de fibra que contenían los tallos de *Agave*, pero ahora fragmentados, enjuagados y exprimidos, se nombra a este residuo bagazo de *Agave*, su conformación consiste principalmente en lignina, celulosa y hemicelulosa, por lo que se le conoce también como residuo lignocelulósico, de este material resulta un polímero de interés industrial porque es biodegradable y un recurso renovable (Stewart *et al.*, 1997; Hon, 2000; Iñiguez *et al.*, 2007; Ramos y Ramos, 2012; Canché, 2014). El tallo del *Agave* guarda la siguiente proporción en función del procedimiento y especie de *Agave* en cuestión: de cada 6.5 kilogramos de tallo de *Agave* fresco, un 40% es fibra en peso húmedo y da como subproducto 1.2 kilogramos de bagazo húmedo (Gonzales *et al.*, 2005) con la siguiente proporción de elementos: 43% celulosa, 19% hemicelulosa y 15% lignina según Ilangovan y col. (1996) y Alonso y Rigal (1997). Si no se le da un manejo adecuado a estos residuos podrían acumularse de forma desmedida y ocasionar contaminación ambiental, comienza a cambiar de color, se ablanda y en la superficie se presenta invasión de hongos, levaduras, bacterias y animales indeseables como cucarachas, larvas de mosca y otros insectos.

2.3.2 Residuos líquidos

Las vinazas son los residuos que se obtienen después de haber realizado la destilación de azúcares fermentados provenientes del tallo del *Agave* (Robles y Villalobos, 2009). Las vinazas contienen, en términos generales, altas cargas de sólidos disueltos, de materia orgánica (polímeros nitrogenados de color café, fenoles, etc.) gran parte de la cual es recalcitrante, cenizas, bajos pH (3-5). La demanda bioquímica (DBO) y química de oxígeno (DQO), las cuales son un índice de su carácter contaminante, se encuentran en un intervalo de 35,000–50,000 y 100,000–150,000 miligramos de oxígeno litro⁻¹, respectivamente. Usualmente, las vinazas son descargadas a altas temperaturas (95 °C) (Robles y Villalobos, 2009).

2.4 Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos

2.4.1 Fibras sin transformación

Artículos artesanales: Estropajo, bolsas de dama, macetas, sombreros, etc., (mercancías que se ofrecen a la venta en mercados de artesanías).

Relleno de muebles y colchones: Resulta este material fibroso apto para su empleo como relleno de muebles y colchones (FAO, 2014).

Mantas orgánicas para bio-remediación: Son revestimiento constituido por fibras naturales generalmente cosidos mecánicamente, empleadas para proteger las pendientes pronunciadas, contra la erosión, para evitar el contacto con el suelo en el cultivo de frutas, etc., sus ventajas son que mantiene la humedad del suelo y permite el paso de aire y nutrientes (Hikergoer, 2012; DuPont, 2015).

Algunas empresas en el mundo que fabrican estas mantas orgánicas son: DuPont Landscape Solutions, Bon Terra Ibérica, Fijavert, Paisajes del Sur S.L., Jardí Natura.

Bio-sorbente: La adsorción es un fenómeno superficial que involucra la acumulación o concentración de sustancias (en este caso del contaminante) en una superficie o interface, donde el compuesto que se adsorbe se le llama adsorbato y la fase donde ocurre la adsorción se le conoce como adsorbente (Cooney, 1999; Vasanth y Kumaran, 2005). El bagazo de *Agave* tiene la capacidad de adsorber colorantes como el azul de metileno y petróleo de soluciones acuosas, así como es posible su empleo como filtro en motores marinos (Ávila, 2011; FAO 2014).

Adobes: Algunas de las técnicas de construcción con tierra son: la tierra apisonada, adobe tradicional y adobe compactado, el empleo de la sola tierra presenta limitaciones en sus propiedades mecánicas, para mejorarlo existen propuestas que involucran la adición de fibras vegetales que proveen rigidez y fuerza a los compuestos y no son quebradizos (Degirmenci, 2008; Narendra y Yang, 2005; Yetgin *et al.*, 2006, Caballero *et al.*, 2010).

Material de refuerzo: Las fibras naturales son consideradas como un buen elemento para su empleo como refuerzo en la fabricación de tableros aglomerados, cisternas de agua, madera reciclada, tejas, partes de auto, aislamiento térmico y acústico, presentando propiedades mecánicas superiores a las de otros polímeros, aunque debido a su disparidad de forma y tamaño es muchas veces conveniente la peletización previa (Salvador *et al.*, 2007; Bessadok *et al.*, 2009; Canché, 2014; FAO, 2014).

2.4.2 Sustratos

Hongos comestibles: En la producción de hongos comestibles como *Ganoderma lucidum* se puede emplear bagazo de *Agave*, mezclado con otros suplementos como paja, cascarilla de arroz o café, entre otros, (Madrigal *et al.*, 2000; Conrado *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2010), requiriendo un pretratamiento fermentativo para mejorar la eficiencia biológica (Bernabé *et al.*,

2004; Ancona *et al.*, 2007). Adicionalmente, después de la producción de los hongos, la mezcla de bagazo de *Agave* y otros materiales resulta un subproducto útil como abono composteado, sin compostear o vermicomposteado (composta con lombriz), como nematocida y como biorremediador de agua y suelos contaminados por hidrocarburos o residuos orgánicos similares a la lignina (Ancona *et al.*, 2006; Capistrán *et al.*, 2004; Chang y Miles, 2004).

Composta (mejorador o acondicionador de suelo): el emplear composta de bagazo de *Agave* como fertilizante o sustrato es una alternativa útil y probada en cultivos como jitomate, otras hortalizas y plántulas de *Agave* (Iñiguez *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2013).

Biopolímeros o también conocidos como *Polihidroxialcanoatos* (PHA): son plásticos que se obtienen principalmente empleando bacterias y otros microorganismos que los acumulan en su interior como reserva energética, tienen la peculiaridad de ser biodegradables y biocompatibles, por lo que aunque su producción a escala industrial resulta costosa tiene aplicaciones singulares y especializadas, en la industria biomédica, farmacéutica y de alimentos (Braunegg *et al.*, 1998; Khanna y Srivastava, 2005; González *et al.*, 2013).

Ensilado (alimento para ganado): El bagazo de *Agave* sin tratamiento previo, es difícil de digerir por los rumiantes, principalmente por el alto contenido de lignina que no puede degradar la microflora ruminal (Cowling y Kirk, 1976; Belmar y Riley, 1984; Patrick, 2000; Iñiguez *et al.*, 2001; Rodríguez, 2005; Zamudio *et al.*, 2009). Para solucionar su digestibilidad y aumentar la producción de glucosa, se ha intentado incluir pretratamientos bajo varios métodos (Dehoroty, 1961; Dehoroty y Johnson, 1961), incurriendo así en costos y productos que no resultan benéficos en la nutrición del rumen; sin embargo, se menciona que los tratamientos que incluyen hidrólisis alcalina y oxidación por peróxido de hidrógeno proveen del mejor beneficio y eficiencia (Toyama y Ogawa, 1975; Mes-Hartree *et al.*, 1983; Amjed *et al.*, 1992).

2.4.3 Obtención de celulosa y lignina

El proceso más utilizado para obtener lignina y celulosa es el llamado “Kraft”, en el cual se obtienen los elementos deseados por cocimientos de sosa y sulfuro sódico. El otro proceso comúnmente empleado es el proceso Organosolvente, en el cual se emplean disolventes orgánicos como agentes deslignificantes y es un proceso libre de azufre (De la Torre, 2012). Después de cualquiera de estos procesos se incluye algún método de solubilización de la lignina para su recuperación o, de forma inversa, de solubilización de la celulosa, dejando insoluble la lignina (Chávez y Domine, 2013). Una vez recuperados los materiales celulosa y lignina de forma independiente, se pueden comercializar para la fabricación de otros productos de interés, por ejemplo: Papel, CMC (Carboximetilcelulosa), fenoles, etc.

Papel: Como la fibra de *Agave* contiene bastante celulosa, su recuperación es un sustituto de las fibras de madera, da cuerpo al papel y al cartón; es absorbente, tiene características de gran

resistencia, lo que lo convierte en un insumo industrial de alta calidad (Maddern y French, 2002; Escoto *et al.*, 2006; FAO, 2014).

Carboximetilcelulosa (CMC): Es posible obtener carboximetilcelulosa como derivado del bagazo de *Agave*, aislando previamente la fracción celulósica de los demás componentes. Este derivado tiene aplicaciones en la industria alimenticia como estabilizador, entre otras (Ichikawa *et al.*, 1994; Juárez *et al.*, 2011).

Fenoles: Los compuestos fenólicos de interés industrial con diversos usos, sobre todo como aromatizantes, pueden ser obtenidos a partir de la lignina y biopolímeros producidos por bacterias celulolíticas (González *et al.*, 2005).

2.4.4 Combustibles

La característica principal de un bio-combustible es que no es derivado del petróleo, ni del gas natural, es decir procede de forma reciente de seres vivos, y su finalidad es liberar la energía contenida en sus componentes mediante una reacción de combustión (Gamboa y Jiménez, 1992; Houghton *et al.*, 2006; Castillo, 2013). Algunos de los aprovechamientos de materiales de esta naturaleza son aplicables con el bagazo residual de *Agave* y se mencionan brevemente enseguida:

Pirolisis: Consiste en la aplicación de calor entre 475 y 550 °C en ausencia de oxígeno u otros agentes gasificantes sobre un material, evitando así la incineración sin producir aceite, obteniéndose como productos agua, carbón, aceites o alquitranes, y otros gases (Robinson, 1986; Kunii y Octave, 1991; Schubert *et al.*, 2009; Klug, 2012;).

Una vez efectuada la pirolización, cuando el material se enfría y condensa, se forma el bioaceite, este con un poder de calefacción que duplica al del diésel (Robinson, 1986; Bridgwater, 2001; Schubert *et al.*, 2009; Olazar, 2014). El bioaceite es una mezcla líquida de compuestos carbonílicos y fenólicos. Se considera este el principal producto, ya que el gas y el carbón generados pueden emplearse para suministrar el calor que involucra el proceso (Gustabsson *et al.*, 1995; Contreras, 2006; IEA, 2012; Calispa, 2013). Bajo este proceso pero con la adición de vapor se obtienen otros gases como el CO, CO₂ y H₂, con diversas aplicaciones. (Otero, 2006; Calispa, 2013; Air Liquide, 2013).

Pallets y briquetas: Tanto los pallets como las briquetas son esencialmente lo mismo, material compactado, la diferencia está en su diámetro, los primeros menos de 30 centímetros, diámetros mayores a éste son considerados briquetas; la ventaja de este uso es que la energía contenida equivale al cuádruplo del combustible de madera, el objetivo de la compactación es reducir la entrada de aire y generar una combustión más lenta (Cabezas, 2009; Villaseñor, 2011).

Los sistemas mecánicos de producción de las briquetas son variados y su elección está marcada por la naturaleza de las materias primas a briquetar (tipos y características físico

químicas del carbón y la biomasa) y del destino final del producto (forma, tamaño y sector de utilización) (Ibáñez *et al.*, 2001). Los tipos más comunes de prensas utilizadas son las de rodillo, para la obtención de briquetas tipo ovoide, con producciones elevadas, y las prensas hidráulicas para extrusión o moldeo produciendo briquetas tipo pellet o tipo ladrillo; en estas prensas normalmente se requiere la aplicación de presiones elevadas que variarán, dependiendo del proceso y el material utilizado y, a veces, el briquetado va acompañado del calentamiento de los materiales a briquetar o del equipo de prensado con objeto de mejorar la adhesión de las partículas y ligantes (Cabezas, 2009). En la etapa de preparación se somete a los materiales utilizados, carbones de bajo rango y biomasa como serrín, a una estabilización o secado para limitar su humedad a valores menores del 15 %. Posteriormente se muelen y tamizan para obtener fracciones entre 1 y 5 mm que son las más adecuadas para el briquetado (Ibáñez *et al.*, 2001; Cabezas, 2009).

Las vías Bioquímicas de transformación de biomasa en combustibles tales como: Biometanación, bioetanol y butanol; se realizan a baja temperatura utilizando microorganismos (bacterias y levaduras) para transformar la biomasa. Requieren equipo sencillo pero tiempos de proceso largos, la tecnología de diseño y control es más compleja (Gamboa y Jiménez, 1992). Los procesos más importantes son:

a) *Biometanación, digestión anaerobia o gasificación hidrotérmica*

Este proceso es adecuado para el tratamiento de biomasa húmeda. La gasificación hidrotérmica, utiliza el agua como medio de reacción y por lo tanto la biomasa húmeda se puede utilizar sin un pre-tratamiento de secado, que consume energía (Expósito, 2008). La reactividad del agua es alta en estas condiciones, la gasificación hidrotérmica permite una gasificación rápida y casi completa de la biomasa. Los lodos de fermentación se pueden convertir en composta (Calispa, 2013). El gas producido se separa automáticamente de la fase líquida cuando el efluente del reactor se enfría a la temperatura ambiente. El gas disponible está libre de alquitranes, lo cual es un beneficio. El componente principal es hidrógeno, dióxido de carbono y metano (Gamboa y Jiménez, 1992; Calispa, 2013).

b) *Fermentación: bioetanol, butanol*

Bioetanol:

De la celulosa y la hemicelulosa se puede obtener principalmente dos tipos de monosacáridos: glucosa y xilosa, de los cuales, mediante un proceso de fermentación, se puede obtener bioetanol (Toribio, 2011). El etanol, también conocido como alcohol etílico o bioetanol, es el biocombustible líquido más empleado, ya sea como combustible o como potenciador de la gasolina porque presenta al menos dos ventajas cuando se usa como oxígeno: 1) el alto contenido de oxígeno implica menos cantidades de aditivo, 2) el incremento en el porcentaje de oxígeno permite una mejor oxidación de los hidrocarburos de la gasolina con la consecuente reducción de las emisiones de CO₂ y compuestos aromáticos (Himmel *et al.*, 2007; Saucedo *et*

al., 2008; Chandel y Singh, 2011; Sánchez, 2014). La degradación de la biomasa lignocelulósica es llevada a cabo por una gran cantidad de microorganismos, que poseen enzimas capaces de producir azúcares fermentables que podrán ser utilizados en la producción de bioetanol (Lynd *et al.*, 2002; Rubin, 2008).

El proceso convencional para producir etanol a partir de biomasa lignocelulósica incluye cuatro etapas principales: 1. Pretratamiento: rompe la estructura de la matriz lignocelulósica, ya sea físico, químico o térmico. 2. Hidrólisis enzimática: despolimerización de celulosa a glucosa por medio de enzimas celulolíticas. 3. Fermentación: metabolizando la glucosa en etanol, generalmente por cepas de levaduras. 4. Destilación-rectificación-deshidratación: separación y purificación de etanol a las especificaciones del combustible (Margeot *et al.*, 2009; Rubin, 2008; Howard *et al.*, 2003; Kosaric y Velikonja, 1995).

El 30% del etanol producido en Brasil es a partir del proceso de fermentación en continuo (Monte-Alegre *et al.*, 2003).

Blue Fuel SAPI de C. V. tiene en curso la construcción de una planta productora de etanol, donde una vez extraído el jugo para la producción de etanol de primera generación, el bagazo residual, será pre-tratado con enzimas para su hidrólisis. Posteriormente, el jugo rico en azúcares será fermentado para obtener el etanol lignocelulósico o “avanzado”. El residuo sólido será enviado a una caldera para la cogeneración de vapor de proceso y energía eléctrica, utilizados en los procesos de producción de la planta. Las vinazas, desecho líquido del proceso de destilación, serán tratadas para separar los sólidos, las mieles, y el agua. El sólido se usará como alimento para ganado y las mieles se reprocesarán por fermentación (Sandoval, 2011).

Butanol:

El butanol a diferencia del bioetanol, un compuesto químico con una cadena larga de hidrocarburos siendo no polar, haciéndolo más similar a la gasolina, ha demostrado ser un combustible no corrosivo, que puede ser distribuido a través de las canalizaciones actualmente existentes (oleoductos) y es posible utilizarlo directamente en los coches de gasolina sin necesidad de modificarlos; se puede producir de distintos modos, uno de ellos es el de cultivo energético a base de remolacha, caña de azúcar, grano de maíz, sorgo, trigo y yuca, así como productos intermedios de la agricultura como paja, mazorcas de maíz (biobutanol), también puede ser producido a partir de combustibles fósiles (petrobutanol), aunque ambos seguirán siendo similares en materia de propiedades químicas (Obert, 1973).

La producción biológica de butanol puede llevarse a cabo a través de diversos microorganismos como bacterias, entre otras *Escherichia coli* o *Clostridium butyricum*, levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* o la arquea *Hyperthermus butylicus* (Obert 1973; García, 2011).

2.5 JUSTIFICACIÓN

Para la elaboración de la bebida mezcal se aprovecha de la planta de *Agave* solo el jugo contenido en el tallo, como consecuencia de esta actividad, se generan residuos conformados por la fibra natural de la planta de *Agave*, que en abundancia representan un contaminante ambiental en aguas, suelos y atmósfera. Las comunidades productoras de Mezcal en Michoacán, al adquirir la denominación de origen en 29 municipios, vislumbran el posicionamiento de esta bebida en mercados nacionales y extranjeros, por tanto, la tendencia de este sector productivo es hacia un crecimiento relativamente rápido, ya que es actual acreedor de apoyo por parte del sector privado y gubernamental. Entonces, se justifica la dedicación de esfuerzos al desarrollo y adaptación de tecnologías tendientes a darle a estos materiales residuales diversos usos, propiciando un manejo responsable e integral, que dejando de ser un contaminante en potencial ascenso, genere beneficio a través de su comercialización.

Este trabajo a nivel estatal, integrando los 29 municipios con denominación de origen para la bebida mezcal, consistió en un estudio sobre la generación de bagazo residual de *Agave*, que resulta como desecho al producir la bebida mezcal, su tendencia a incrementar y la propuesta de estrategias para su manejo que representen las mejores alternativas en beneficio de este sector económico. Para tal efecto se desarrolló un trabajo de campo mediante encuestas aplicadas a los productores de la bebida mezcal de Michoacán que accedieron a participar, entrevista con representantes del sector, revisión bibliográfica y consulta a expertos sobre tecnologías aplicables al aprovechamiento de los materiales residuales mencionados.

2.6 HIPÓTESIS

La generación de bagazo residual de *Agave* en Michoacán resulta a mediano y/o largo plazo suficiente para elaborar prospectivas que permitan la implementación de tecnologías que lo transformen en productos de interés comercial.

2.7 OBJETIVOS

- Evaluar la situación actual de la generación estatal del bagazo residual de *Agave* procedente de la producción de mezcal en Michoacán en cuanto a ordenamiento territorial, estructura organizativa de productores, volumen de generación y aprovechamiento.
- Elaborar una propuesta prospectiva de escenarios probables y deseables, para el aprovechamiento del bagazo residual de *Agave* a mediano y largo plazo, con la adaptación de propuestas tecnológicas que transformen el residuo en productos de interés comercial.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el estado de Michoacán, con productores de mezcal que procedieran de alguno de los 29 municipios del estado que cuentan con denominación de origen (Figura 1): Acuitzio, Aguililla, Ario de Rosales, Buenavista, Charo, Chinicuila, Coacomán, Cotija, Cojumatlán, Erongarícuaro, La Huacana, Tacámbaro, Turicato, Tzitzio, Hidalgo, Salvador Escalante, Morelia, Madero, Queréndaro, Indaparapeo, Tarímbaro, Tancítaro, Los Reyes, Tepalcatepec, Sahuayo, Marcos Castellanos, Jiquilpan, Venustiano Carranza y Vista Hermosa (DOF, 2012).

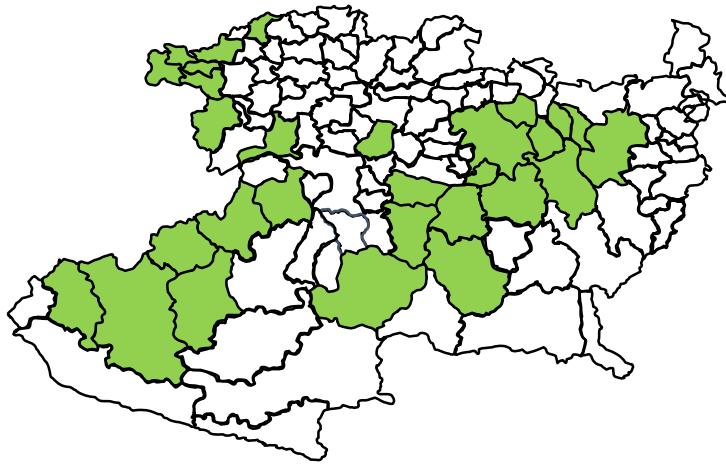


Figura 1. Municipios de Michoacán con denominación de origen “Mezcal”.

Para el diagnóstico de la producción estatal de bagazo residual de *Agave*, se aplicaron 45 encuestas a los productores participantes (Apendice A), durante los meses octubre de 2014 a marzo de 2015, tanto en las vinatas, ferias de promoción del mezcal, efectuadas en Queréndaro, Morelia y Villa Madero, así como en reuniones convocadas por ellos para otros fines.

Para conocer las posibilidades de transformación del bagazo residual de *Agave* en productos comerciables, se realizó una investigación documental, que incluyó artículos científicos y de divulgación, diccionarios lingüísticos, libros especializados, memorias, tesis, sitios de internet, congresos, tanto sobre *Agave* como sobre manejo de materiales residuales, a fin de recopilar información concerniente a tecnologías propuestas o aplicadas a materiales iguales o similares al bagazo residual de *Agave*. Adicionalmente, se consultó a expertos en el manejo de estos materiales fibrosos, tanto en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), como a investigadores que integran la Red Nacional de Bioenergía (REMBIO).

En la generación de propuesta de escenarios para el aprovechamiento del bagazo residual de *Agave* a mediano y largo plazo, se desarrolló un análisis prospectivista, adaptando

la metodología propuesta por Carballo (2013), donde se seleccionaron las variables que determinaron las características relevantes de los escenarios, para lo cual propone la consideración de ocho puntos de vista sobre futuros deseables a diez años, donde el número de escenarios o futuros posibles es la multiplicación del número de valores que puede tomar cada variable; en estos puntos de vista se plantearon posibles respuestas para el sector mezcalero michoacano (Tabla 2).

Tabla 2. Observación de puntos de vista para selección de variables (Adaptado de Carballo, 2013).

PUNTOS DE VISTA	RESPUESTAS
1. De acuerdo con políticas del sector y dirigentes	Con la duplicación en producción de mezcal, integrar una o varias industrias paralelas para el manejo y transformación de los residuos de bagazo de <i>Agave</i> , mediante el acopio del material residual por región o individualmente por productor.
2. De acuerdo con los sueños y deseos de sus integrantes	El aumento en las utilidades que por el aprovechamiento del recurso <i>Agave</i> se obtengan, gracias a la comercialización de los residuos de bagazo, coadyuve a garantizar la sustentabilidad del sistema productivo y de manera sistematizada resuelva el problema de la acumulación de residuos.
3. Minimizando riesgos de inversión	En el caso de acopiar el residuo, generar contratos con productores para su adquisición.
4. Asumiendo riesgos y competencia	La generación de alianzas de comercialización para los volúmenes de producción de residuos proyectados.
5. Sin planeación	Venta del material residual a capitales externos.
6. Basándose en sentido común y lógica	La comercialización del residuo por parte de los productores de mezcal a la industria de transformación regional.
7. Orientación de servicio a comunidad	El transformar los residuos en productos útiles, representa una opción ecológica y redituable para el sector agavero Michoacano.
8. Ambicioso y optimista	La generación a escala industrial de productos comerciables a partir de los residuos de la industria mezcal en creciente desarrollo.

Con estos puntos de vista se seleccionaron variables estructuradoras y a estas se les asignaron los valores futuros posibles, de manera que agotaran la escala de posibilidades de ocurrencia de ese factor, las variables estructuradoras, son los factores determinantes para el futuro y sirven para elaborar los escenarios posibles (Tabla 3).

Tabla 3. Valores para las variables seleccionadas. (Adaptado de Carballo, 2013).

VARIABLES ESTRUCTURADORAS	VALORES POSIBLES
Ordenamiento territorial de los productores	Distribución regional de los productores y cantidad de productores por región
Estimación de crecimiento en producción de mezcal	Mantenerse, duplicar, triplicar
Volúmenes de residuo de bagazo de <i>Agave</i>	Toneladas por año
Ciencia, tecnología e innovación para la transformación del residuo en productos comerciables	Accesible, poco accesible, inaccesible
Volúmenes de producción posibles con el bagazo disponible	Toneladas o piezas por año
Consumidor potencial	Autoconsumo, público, cliente específico
Características de consumo del producto	Observaciones particulares
Generación de desechos	Si/ no

Con estas variables y sus valores se generaron tablas de indicadores para cada propuesta tecnológica (Apéndice B), las cuales posibilitan discriminar las opciones que no son probables para su implementación, ya sea **individualmente por vinata o por el acopio de zona mezcalera**, las que sí se consideraron probables para cada consideración, se ponderaron mediante una escala numérica ordinal secuencial del uno al número total de propuestas, asignados subjetivamente estos valores numéricos para designar la mayor posibilidad de implementación con base en: la **Inversión** requerida para la fabricación del producto, **Complejidad tecnológica** tanto en mano de obra capacitada, como en infraestructura inmersa en la elaboración del producto y el **Valor comercial** que representaría para su venta. En la que numeradas de menor a mayor indican la conveniencia del factor, es decir el número uno representa la menor inversión, la menor complejidad tecnológica y a su vez el mayor valor comercial para cada propuesta tecnológica, para concluir con una tabla resumen (Tabla 9), que define las mejores opciones en cuanto a productos a desarrollar por vinata o mediante acopio por zona mezcalera.

IV. RESULTADOS

a) Ordenamiento territorial

Oficialmente se reconocen 10 regiones socioeconómicas en Michoacán (Figura 2), que distribuyen a los municipios de acuerdo a conveniencia de otros sistemas económicos, dicho ordenamiento no se acopla a la distribución de los productores de mezcal reconocidos para llamar mezcal a sus destilados de *Agave*.

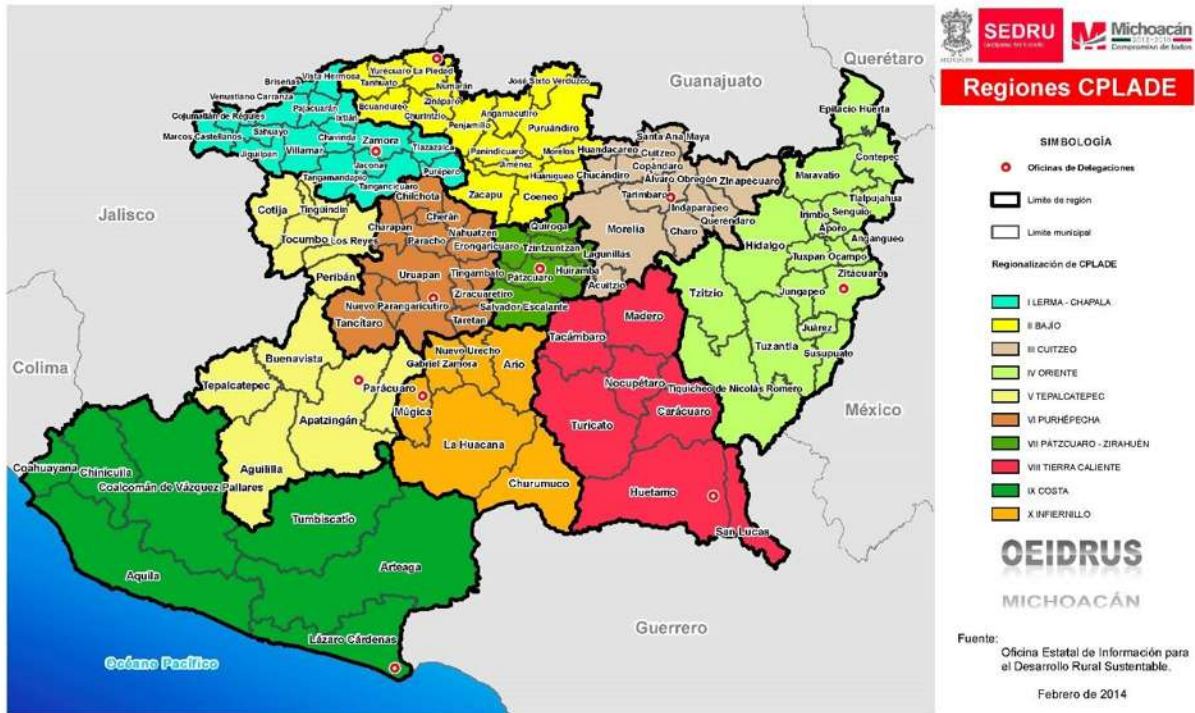


Figura 2. Regiones socioeconómicas de Michoacán (SEDRU, 2014).

Por lo anterior, de acuerdo al ordenamiento geográfico de los municipios con Denominación de Origen para mezcal en Michoacán y a la densificación de las vinatas, a fin de contemplar la opción de acopiar el bagazo generado, se plantea la agrupación en 4 zonas mezcaleras (Figura 3):

1. Zona Queréndaro (en Rojo), que incluye los municipios de: Queréndaro, Indaparapeo, Charo, Tarimbaro, Hidalgo, Tzitzio, Morelia y Erongarícuaro,
2. Zona Madero (Amarillo), que incluye los municipios de: Madero, Salvador Escalante, Turicato, Tacámbaro, La Huacana, Ario de Rosales, Acuitzio.
3. Zona Jiquilpan (Verde), que incluye los municipios de: Jiquilpan, Venustiano Carranza, Vista Hermosa, Marcos Castellanos, Sahuayo, Los Reyes, Tancítaro, Cojumatlán, Cotija.

4. Zona Aguililla (Morado), que incluye los municipios de: Aguililla, Buena Vista, Chinicuila, Coalcomán.

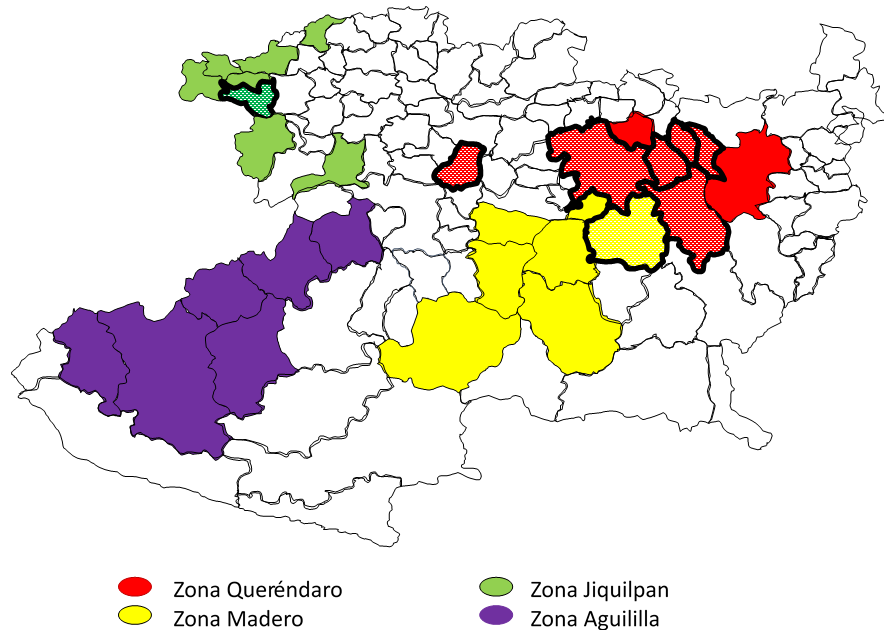


Figura 3. Agrupación por zonas para los municipios con Denominación de Origen para mezcal en Michoacán.

De acuerdo a las 45 encuestas aplicadas, se observa que la mayor cantidad de productores se encuentra en las zonas Madero con 19 productores, correspondientes a un solo municipio y la zona Queréndaro con 24 productores que corresponden a 6 municipios.

Al efectuar las encuestas, se identificó, que solo una minoría de los municipios con Denominación de Origen para mezcal son los que actualmente producen mezcal, estos son:

La zona Jiquilpan, cuenta con municipios con Denominación de Origen para mezcal y tequila, de este modo aunque su participación en las encuestas es mínima se sabe que es en igual o mayor grado zona potencial para la generación de propuestas para el uso del bagazo residual, tanto individualmente por vinatero, como si se acopiara por zona. La zona de Aguililla, con *Agave inaequidens* silvestre, no fue encuestada dado el aislamiento social, político y geográfico que prevalece al tiempo de esta investigación, a pesar de ello se sabe que esta zona tiene potencial de desarrollo en el sector ya que actualmente producen “mezcal” sin registro.

Tabla 4. Distribución de encuestas de acuerdo a los municipios participantes.

Municipio	Número de encuestas
Madero	19
Queréndaro	11
Morelia	4
Tzitzio	4
Charo	3
Jiquilpan	2
Erongarícuaro	1
Indaparapeo	1

b) Estructura organizativa de productores

En cuanto a las formas de organización existen tres escalas:

- La primera bajo un esquema particular o familiar.
- La segunda bajo la asociación local de productores, para este caso se encontraron 18 asociaciones que incluyen desde 2 hasta 40 miembros, la pertenencia en las mismas no es excluyente.
- El tercer nivel está constituido por líderes que con fines organizativos convocan a los productores de manera general, para obtener mejor audiencia en cuanto a tramites y beneficios para el sector económico conformado por los mezcaleros, de este tercer nivel son dos los grupos identificados, uno llamado Unión de Mezcaleros de Michoacán, liderado por Emilio Vieyra Vargas, quien además los representa ante la figura política llamada: Sistema Producto Maguey-Mezcal de Michoacán, y el segundo grupo llamado Unión Empresarial de Productores de *Agave* y Mezcal Michoacano, liderado por Luz María Saavedra Hernández.

Al realizar las encuestas se evidenció la tendencia de crecimiento del sector con esfuerzos individuales de las empresas familiares que procesan el mezcal, procurando integrarse al plan de comercialización propuesto por los dirigentes de dos organizaciones (Unión Empresarial de Productores de *Agave* y Mezcal Michoacano S. de R.L., y Unión de Mezcaleros de Michoacán) surgidas para este fin organizativo.

El planteamiento de este trabajo se basa en que, dependiendo de las formas en que se organizan los participantes en este sector económico, es la medida en que pudiera limitarse o impulsarse el desarrollo de una industria paralela de transformación del bagazo residual en productos con valor comercial.

Volumen de generación de bagazo residual

Gran parte de los productores manifestaron ser esporádicos y para tal efecto muchos rentan las vinatas ya establecidas, por tanto de las 45 encuestas aplicadas a productores de mezcal, se detectaron 37 vinatas y 4 productores están construyendo nuevas vinatas.

Con la finalidad de conocer la cantidad de generación de bagazo residual en cada vinata, se cuestionó sobre el tamaño de los hornos, encontrando la siguiente información:

Tabla 5. Capacidad de los hornos por municipio.

Toneladas/Horno	Zona Madero	Zona Queréndaro	Zona Jiquilpan
hasta 5	14	5	
6 a 9	2	11	
10 y mas	3	8	2
Total encuestas	19	24	2

En la región Madero predominan los hornos pequeños con capacidades de hasta 5 toneladas, en la región Queréndaro predominan los hornos medianos de entre 6 a 9 toneladas y en la región Jiquilpan, grades de 10 toneladas en adelante; los productores que alcanzan a llegar a Morelia, la capital michoacana, para comercializar su mezcal, cuentan con hornos con capacidades grandes, mayores a 10 toneladas.

Para proyectar la generación de bagazo residual a largo plazo, se les pregunto a los productores si planeaban aumentar sus producciones de mezcal y de ser así, en qué proporción (Figura 4).

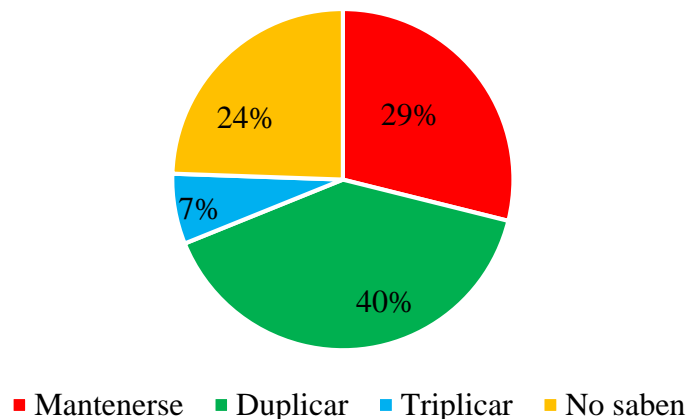


Figura 4. Plan de incremento en la producción de mezcal a 10 años, según los productores encuestados.

A fin de valorar la consistencia en las aspiraciones de aumentar sus producciones, se sabe, a referencia de los mismos productores de mezcal, que el factor determinante es la planta de *Agave* disponible para ser empleada en la elaboración del mezcal, a lo cual 36 productores manifestaron contar con plantaciones para producción individual, en su mayoría recién establecidas.

c) Aprovechamiento del bagazo residual

Para conocer la disponibilidad de bagazo residual a lo largo del año, se les cuestionó sobre sus temporadas de producción del mezcal: La temporada del año para producir el mezcal en su mayoría es respetando los meses de lluvia; sin embargo, 12 productores manifestaron que sus condiciones en infraestructura les permiten mantener sus producciones constantes durante todo el año, condición que es la tendencia de todos los productores de mezcal con el desarrollo de este sector económico.

En general el manejo del bagazo residual de *Agave* es rustico, sin acondicionamiento, mayormente empleado para alimento de ganado o esparcido en terreno para su natural reintegración al suelo, solo un productor manifestó venderlo para producción de alcohol industrial, y otro haber incursionado, sin éxito, en la elaboración de adobe, porque se desmoronaba.

El manejo de las vinazas, residuo líquido generado al producir bebidas destiladas, es inapropiado en todas las vinatas de los productores encuestados, sin tratamiento las vierten en suelos y mantos acuíferos (ocasionando esto un grave perjuicio al suelo, en consecuencia a las formas de vida que habitan en él, principalmente por su alta demanda de oxígeno). Este tema no es objeto de esta tesis, se hace mención dada la importancia de generar nuevas iniciativas en pro de la generación de propuestas para el buen manejo de los residuos naturales.

Oportunidades y Limitaciones

Tomando en cuenta la situación actual de los productores, se visualizan cinco factores de oportunidad y las que podrían considerarse limitaciones, para la implementación de nuevas tecnologías aplicables para el aprovechamiento del bagazo residual de *Agave* en Michoacán (Tabla 6).

Tabla 6. Factores de oportunidad y limitantes para la implementación de tecnologías aplicables para el aprovechamiento del bagazo residual de *Agave* en Michoacán.

Oportunidades	Limitaciones
Materia prima disponible a nulo o mínimo costo	A diez años aproximadamente se contaría con 2 toneladas mensuales de bagazo por productor
Productores de mezcal dispuestos a conocer alternativas para usar ese residuo	Bajo poder económico que representa este sector económico en desarrollo
A diez años aproximadamente se prevé podría contarse con 2 toneladas mensuales de bagazo por productor	Baja confianza en representantes de uniones organizativas de mezcaleros para organizarse en una empresa paralela que opere bajo este esquema
Para su acopio se facilitaría considerar la ubicación de las vinatas en dos regiones donde se concentra la mayoría	Las áreas de establecimiento de plantaciones no son muy extensas aún. Por lo general menores a una hectárea
Opción de negocio para inversionista externo	La inversión y trabajo destinado para el aprovechamiento del bagazo residual esta en segundo término con respecto a la producción de mezcal, rubro que también está en desarrollo

Los productos probables por vinata y mediante el acopio por zona mezcalera

De acuerdo con la información de las encuestas, se presentan los productos probables por vinata (Tabla 7) y los probables con el acopio del bagazo residual por zona mezcalera (Tabla 8). Asignándole a cada producto probable, subjetivamente, valores numéricos secuenciales para designar la mayor posibilidad de acuerdo a tres factores: Inversión, Complejidad tecnológica y Valor comercial. En la que, numeradas de menor a mayor, indican la conveniencia del factor, es decir, el número uno representa la menor inversión, la menor complejidad tecnológica y a su vez el mayor valor comercial para el producto en cuestión.

Tabla 7. Ponderación para tecnologías aplicables individualmente por vinata.

Producto \ Criterio de uso	INVERSIÓN	COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA	VALOR COMERCIAL
Adobes	5	4	4
Biometanación	7	7	7
Composta	1	1	6
Ensilado	2	2	5
Macetas y/o tapetes	6	5	2
Pellets y briquetas	3	3	1
Sustratos para hongos	4	6	3

Tabla 8. Ponderación para tecnologías aplicables con acopio por zona mezcalera.

Producto \ Criterio de uso	INVERSIÓN	COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA	VALOR COMERCIAL
Adobes	3	7	8
Bioetanol o butanol	10	12	7
Biopolímeros	13	13	1
Biosorbente	2	6	12
Celulosa y lignina	12	11	2
Composta	1	1	13
Láminas	8	9	3
Macetas y/o tapetes	4	4	10
Mantas orgánicas	6	3	11
Pellets y briquetas	7	2	6
Pirolisis	11	10	9
Relleno de muebles	5	5	5
Tableros aglomerado	9	8	4

Se elaboró un resumen de las mejores alternativas tanto para la implementación individual por vinata, como para el acopio por zona mezcalera en el mediano y largo plazo (Tabla 9). Considerando para ello las opciones que representan un equilibrio entre la menor inversión, menor complejidad tecnológica y el mayor valor comercial potencial.

Tabla 9. Mejores opciones en cuanto a productos a desarrollar por vinata o mediante acopio por zona mezcalera.

	Mediano plazo	Largo plazo
Individualmente por vinata	<ul style="list-style-type: none"> • Pellets • Briquetas para combustible • Adobe 	<ul style="list-style-type: none"> • Pellets • Briquetas para combustible • Adobe
<p>Consideración: Las opciones a mediano plazo (plazo menor o igual a 5 años) se considera podrían ser desarrolladas a muy baja escala, con tecnología e infraestructura rustica o muy simple. Las opciones a largo plazo (aproximado de 10 años), podrían pensarse para adoptar la implementación de mayor tecnificación e infraestructura.</p>		
Acopio por zona mezcalera	<ul style="list-style-type: none"> • Pellets • Briquetas para combustible 	<ul style="list-style-type: none"> • Pellets • Briquetas para combustible • Tableros aglomerados • Láminas para techos
<p>Consideración: Algunas opciones sólo se consideran a largo plazo, porque requieren de mayor tecnificación e infraestructura.</p>		

V. VISIÓN PROSPECTIVA

Con base en la bibliografía, cada 6.5 toneladas de peso fresco rinde 1.2 toneladas de bagazo (Gonzales *et al.*, 2005; Chávez e Hinojosa, 2010), si se calcula la producción de bagazo por región y año, se estima que la región Madero produce 213.0 toneladas, Queréndaro 230.0 toneladas y Jiquilpan 31.0 toneladas. En forma individual, un solo productor de Madero produce: 11 toneladas anuales, un productor de la Zona Queréndaro 10 toneladas anuales, uno de la zona Jiquilpan 15 toneladas anuales.

Por lo anterior, que se consideró que una tonelada mensual sería aproximadamente, en promedio, la cantidad de bagazo residual que genera cada productor de mezcal.

Si se acopiara el bagazo residual de *Agave* por región y no presentara un incremento significativo al cabo de 10 años, las regiones de Queréndaro y Madero como lugares donde se concentra la mayor cantidad de productores, con base en las encuestas, considerando un aproximado de 20 productores por región, se tendría un acopio de 20 toneladas mensuales y 240 anuales. Si se acopiara el bagazo residual de *Agave* por región y este se duplicara al cabo de 10 años, se acopiaría un aproximado de 40 toneladas mensuales y 480 toneladas por año.

El mantenerse con aproximadamente la misma producción de bagazo residual o duplicarla al cabo de 10 años, realmente no significa una muy grande diferencia en la posibilidad de aplicación de cualquier propuesta tecnológica probable para implementarla de forma individual por vinata, ni para la industria que decidiera acopiar por zona el bagazo residual de *Agave*. La posibilidad de trabajar con el doble de material se proyectaría en el diseño de planta sin que este motivo sea excluyente para emprender la aplicación de cualquier propuesta tecnológica, por lo que las hipótesis o propuestas probables y deseables se limitaron a hacer la propuesta de escenarios considerando dos opciones: las propuestas probables y posibles para emprenderse como productor individual y las que se podrían llevar a cabo mediante el acopio por región del bagazo residual de *Agave*.

VI. PROPUESTA PROSPECTIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO RESIDUAL DE AGAVE, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA SU TRANSFORMACIÓN EN PRODUCTOS DE INTERÉS COMERCIAL

➤ Para el aprovechamiento de forma individual por vinata:

Esta probabilidad es la más viable y, dado que sería una actividad secundaria a la producción de mezcal, se procuraría que fuera lo menos costosa posible y más fácil de desarrollar, por esta razón se cree que en primer lugar los productores podrían optar por la producción de briquetas para combustible, en segundo lugar la producción de adobes, teniendo esta segunda opción el inconveniente de que se requiere estudiar la técnica para la formulación de las masas que darán lugar a bloques resistentes para ser usados en la construcción de bardas. Ambas opciones con la posibilidad de realizarse de forma rústica a baja escala, y también de implementar mayor inversión en infraestructura para consolidar empresas a mayor escala y con mejor calidad en los productos, esto en proporción siempre al aumento en la generación de bagazo disponible.

➤ Para la industrialización mediante el acopio por zona mezcalera del bagazo residual de *Agave*:

Si existiera la iniciativa de acopiar el bagazo residual de *Agave* por región, las dos regiones con potencial de acopio aproximadamente tendrían la misma capacidad de abastecimiento de la materia prima, sin embargo, internamente hay poca confianza entre productores para generar una sociedad y para uno solo implicaría una fuerte inversión, por lo que la opción más viable sería que un inversionista externo decidiera apostar en este sector mezcalero; en cualquiera de los casos, las tres opciones más deseables y posibles secuencialmente serían: Pellets y briquetas, tableros aglomerados, y láminas para techos. Ya que estas opciones representan un alto valor comercial, debe existir una propuesta tecnológica bien desarrollada para su implementación a escala comercial, no requieren previa alianza con otra industria para la comercialización de los productos, las producciones podrían acomodarse localmente o adaptarse a escalas más ambiciosas, esto último directamente dependerá también del incremento de materia prima disponible.

VII. BIBLIOGRAFIA CITADA

- Air Liquide: Enciclopedia de los Gases (2013). (En línea). Citado: 17 de diciembre 2014. En: <http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?GasID=26&LanguageID=9&CountryID=19>.
- Alfaro, G., Legaria, J., Rodríguez, J. Diversidad genética en poblaciones de agaves pulqueros (*Agave spp.*) del nororiente del Estado de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* [online] 2007, 30 (enero-marzo). pp. 13. Citado: 10-09-2014. En: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61030101>> ISSN 0187-7380
- Alonso, M., Rigal, L. (1997). Caracterización y valorización del bagazo de *Agave tequilana* Weber de la Industria del tequila. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* vol. 3 no. 2: pp. 31-39.
- Amjed, M., Jung, H., Donker, J. (1992). Effect of alkaline hydrogen peroxide treatment on cell Wall composition and digestion kinetics of sugarcane residues and wheat Straw. *Journal of Animal Science* vol. 70 no. 9: pp. 2877-2884
- Ancona, L., Cetz, G., Belmar, R., Sandoval, C. (2007). 3.6 Cultivo de *Plourotus djamor* y *Plourotus ostreatus* en Yucatán. El desarrollo del cultivo de *Pleurotus spp.* en México. Editores: Sanchez J., Martinez D., Mata G., Leal H. El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula Chiapas, México. pp. 131-141
- Ancona, L., Pech, V., Flores, A. (2006). Perfil del mercado de la vermicomposta como abono para jardín en la ciudad de Mérida, Yucatán, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* [online] 2006, X (julio-diciembre). Citado: 13 / octubre / 2014. En: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14101913>> ISSN 1405-9282
- Anónimo (2014). Michoacán cuenta con 80 vinatas dedicadas a la producción de mezcal artesanal. *Notas Informativas; Periódico Cambio de Michoacán*. Citado: 03-01-2015. En: <http://www.sicde.gob.mx/portal/bin/nota.php?accion=buscar¬aId=1343610361547cba1b2853e>
- Ávila C. (2011). Remoción de Azul de metileno en agua empleando bagazo de *Agave salmiana* como biosorbente. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. 100 p.
- Belmar, R., Riley, J. (1984). Balance ácido-básico en bovinos alimentados con bagazo de henequén ensilado. *Producción Animal Tropical* vol. 9: pp. 161-167
- Bernabé, T., Cayetano, M., Adán, A., Torres, M. (2004). Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Micología* vol. 18: pp. 77-80

- Bessadok, A., Langevin, D., Gouanvé, F., Chappey, C., Roudesli, S., Marai, S. (2009). Study of water sorption on modified *Agave* fibers. *Journal Carbohydrate Polymers* vol. 76 no. 1-2: pp. 74-85
- Braunegg, G., Lefebvre, G., Genser, K. (1998). *Poly- hydroxyalkanoates, Biopolyesters* from renewable resources: Physiological and engineering aspects. *Journal Biotechnology* vol. 65: pp. 127-161
- Bridgwater, A. (2001). *Progress in Thermochemical Biomass Conversion*. Blackwell Science. Oxford. Vol. 2: 1744 p.
- Caballero, M., Silva, L., Montes, J. (2010). Resistencia mecánica del adobe compactado incrementada por bagazo de *Agave*. *Memorias del XVI Congreso Internacional Anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica*. 22 al 24 de septiembre de 2010, Monterrey, N. L. México. 7 p.
- Cabezas, R. (2009). Diseño de un sistema de compactación de biomasa de cascarilla de arroz y serrín, en la producción de bloques sólidos combustibles (BSC). Tesis de Pregrado en Ingeniería Química, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 135 p.
- Calispa, M. (2013). Diseño de un separador de líquidos y gases, provenientes de la gasificación de Biomasa. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica. Riobamba, Ecuador. 145p.
- Canché, G. (2014). Residuos fibrosos en la producción de Tequila. *Revista Tecnoagave*. Citado: 13-febrero-2015. De: <http://www.tecnoagave.mx/clon/index.php/es/reportajes/165-residuos-fibrosos-en-la-produccion-de-tequila>.
- Capistrán, F., Aranda E., Romero J. (2004). Manual de reciclaje compostaje y lombricompostaje. Instituto de ecología A.C. Xalapa, Veracruz. México. 99 p.
- Carballo, L. (2013). El método prospectivo y la Interacción Estratégica en los tiempos de negocios. Serie Cuadernos de Pensamiento prospectivo Iberoamericano No. 5. Universidad Nacional Autónoma de México Dirección General de Asuntos del Personal Académico. Proyecto PAPIME PE 303711. México D. F. 44 p.
- Cardona, C., Sánchez O. (2007). Fuel ethanol production: process design trends and integration opportunities. *Bioresource Technology* vol. 98: pp. 2415-2457.
- Carrillo, L. (2007). Los destilados de *Agave* en México y su denominación de origen, revista ciencias de la UNAM, ciencias 87 julio-septiembre 2007, México. Pp. 40-49
- Casillas, S. (2013). Listo el convenio para la certificación de productores mezcaleros, periódico cambio de Michoacán, nota-193046, Domingo 24 de Febrero de 2013.

- Castillo, A. (2013). Determinación de parámetros de co-cultivo de *Scheffersomyces stipitis* y *Saccharomyces cerevisiae* para la fermentación de residuos lignocelulósicos para la obtención de bioetanol. Tesis de Maestría. Universidad Iberoamericana. México. 77 p.
- Castro, C., Valverde, M., Paredes, O. (2009). Biocombustibles: biomasa lignocelulósica y procesos de producción. Ideas CONCYTEG. Año 4, Num. 54, 2 de diciembre de 2009
- Chandel, A., Singh, O. (2011). Weedy lignocellulosic feedstock and microbial metabolic engineering: advancing the generation of “Biofuel”. *Applied Microbiology Biotechnology* vol. 89: pp. 1289-1303
- Chang, S., Miles, P. (2004). *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect and Environmental Impact*. Second edition. CRC Press Inc, Boca Ratón, Florida. 451 p.
- Chávez, M., Domine, M. (2013). Lignina, Estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. *Avances en Ciencias e Ingeniería* vol. 4 no.4: pp. 15-46
- Chavez, L., Hinojosa, M. (2010). Bagasse from the mezcal industry as an alternative renewable energy produced in arid lands. *FUEL* vol. 89: pp. 4049-4052.
- Colunga, P., Larqué, P., Eguiarte, L., Zizumbo, D. (2007). En lo ancestral hay futuro: del tequila los mezcales y otros *Agaves*. CICY-CONACYT-CONABIO-INE. México. 452 p.
- Conrado, V., López, M., Vázquez, E. (2005). Avances en el cultivo de *Ganoderma lucidum* en México. Publicación en apoyo a los productores de hongos. Laboratorio de Biotecnología. Departamento de Botánica y Zoología. Universidad de Guadalajara. Citado: 15/04/2015. En: <http://setascultivadas.com/2005articuloagosto.html>
- Contreras, L. (2006) Producción de biogás con fines energéticos. De lo histórico a lo estratégico. *Revista Futuros*. Vol. IV. No. 16: 8 p.
- Cooney, D. (1999). *Adsorption design for wastewater treatment*, Lewis Publishers, p. 30.
- Contreras, C., Ortega, I. (2005). *Bebidas y regiones: historia e impacto de la cultura etílica en México*. Ed. Plaza y Aldés, S.A. de C.V. México D.F. pp. 200.
- Cowling, E., Kirk, T. (1976). Properties of cellulose and lignocellulosic materials as substrates for enzymatic conversion processes. *Biotechnology and Bioengineering Symposium* vol. 6: pp. 95–123.
- CRM (2015). Consejo Regulador de la Calidad del Mezcal A.C. Visto: 07-03-2015. Citado: <http://www.crm.org.mx/>
- CRT (2014). Consejo Regulador del Tequila A.C. Estadísticas. Guadalajara, Jal. México. Citado: 07 de junio de 2015. En: www.crt.org.mx

- Degirmenci, N. (2008). The using of waste phosphogypsum and natural gypsum in adobe stabilization. *Construction and Building Materials* vol. 22 no. 6: pp. 1220–1224
- Dehoroty, B. (1961). Effect of particle size on the digestion rate of purified cellulose by rumen cellulolytic bacteria in vitro. *Journal Dairy Science* vol. 44: pp. 687-692
- Dehoroty, B., Johnson, R. (1961). Effect of particle size upon the vitro cellulose digestibility of forages by rumen bacteria. *Journal Dairy Science* vol. 44: pp. 2242-2249
- De la Torre, M. (2012). Revalorización energética de la lignina procedente de residuos agrícolas utilizados para la obtención de pastas celulósicas. *Comunicaciones Técnicas, CONAMA2012 (Congreso Nacional de Medio Ambiente 2012)*. Universidad Pablo de Olavide. España. 15 p.
- DOF (2012). Modificación a la declaración General de Protección de la Denominación de Origen Mezcal. Citado: 15-11-2015. En: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5278677&fecha=22/11/2012
- DOF (2006). NOM-006-SCFI-2012, Bebidas alcohólicas-Tequila. Citado: 15-11-2015 En: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5282165&fecha=13/12/2012
- DOF (2005). NOM-168-SCFI-2004, Bebidas alcohólicas-Bacanora. Citado: 15-11-2015 En: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4917328&fecha=14/12/2005
- DOF: (1997). NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones. Citado: 15-11-2015 En: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4883475&fecha=12/06/1997
- DOF (2004). NOM-159-SCFI-2004, Bebidas alcohólicas-sotol. Citado: 15-11-2015 En: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo45110.pdf>
- DuPont (2015). Du Pont Landscape Solutions. Co. Citado: 28-04-2015. En: http://www2.dupont.com/Landscape_System/es_ES/weed_control_solution/products/duPont_cocomat.html.
- Escalante, E. (2013). Henequén fibra de sisal. *Revista Cultura Orgánica. Boletín Regional Peninsular/ Aserca*. Publicación Marzo- Abril 2013: 36 p.
- Escoto, T., Vivanco E., Lomelí M., Arias A. (2006). Tratamiento fermentativo – químico – mecánico del bagazo de maguey (*Agave tequilana Weber*) para su aplicación en papel hecho a mano. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* vol. 5 no. 1: pp. 23-27.
- Expósito, M. (2008). Análisis de alternativas tecnológicas e ingeniería conceptual de una biorefinería lignocelulósica. Proyecto fin de carrera Ingeniería Química. Escuela de Ingenieros de Sevilla. 175 p. Citado: 13-05-2014 De: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/20119/fichero/ProyectoFindeCarrera.pdf>

- FAO (2014). Fibras del futuro. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura. Visto: 17-01-2014. En: <http://www.fao.org/economic/futurefibres/pagina-principal-de-fibras-del-futuro/es/>
- FAO (2008). Background Note on Natural Fibres, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Visto: 14-03-2008. En: http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/322/en/Background_Note_on_Natural_Fibres.pdf.
- Gamboa, N., Jiménez, F. (1992). Biomasa: alternativa energética. Revista de Química vol. 6 no. 1: 9 p.
- García, S. (2013). Vamos por el relanzamiento del Mezcal: COMERCAM. Info Rural, Noticias nuevas, nacionales. Artículo 120812, fecha: 29 abril 2013.
- García, M. (2012). El ganador de Clean Tech Challenge 2011 es pionero en generar energías renovables a partir de desechos de las tequileras. Revista Soyentrepreneur, publicación 22730, no. 421, septiembre 2012.
- García, J. (2011). Producción de biobutanol fermentaciones ABE. Revista de Química de la Universidad Pablo de Olavide. España. Número 4. Diciembre 2011: 149 p.
- García, E. Méndez, S. Talavera, D. (2010). EL GENERO AGAVE SPP. EN MÉXICO: PRINCIPALES USOS DE IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA Y AGROECOLÓGICA. VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal" RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición, Campus San Luis Potosí, Colegio de Postgraduados. Edición Especial No. 5-2010: pp. 109-129
- Gentry, S. (1982). *Agaves of continental North America*. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. 670 p.
- González, Y., Meza, J., González, O., Córdova, J. (2013). Síntesis y biodegradación de polihidroxicanoatos: plásticos de origen microbiano. Departamento de Madera, Celulosa y Papel, Universidad de Guadalajara. Revista Internacional de Contaminación Ambiental vol. 29 no. 1: pp. 77-115
- González, Y., González, O., Nungaray, J. (2005). Potencial del bagazo de *Agave* tequilero para la producción de biopolímeros y carbohidrasas por bacterias celulolíticas y para la obtención de compuestos fenólicos. Universidad de Guadalajara. México. Revista e-Gnosis (online), núm. 3, 2005: 19 p. Citado 03-07-2014 En: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73000314> ISSN
- Granados, D. (1993). Los *Agaves* en México. Universidad Autónoma de Chapingo. Editado por el departamento de publicaciones de difusión cultural de Universidad de Chapingo México: pp. 91-97.

- Gómez, E. (2012). Fibras de *Agave* para las sogas finas de charro. Citado: 24-06-2014 En: <http://tequilasabeapasion.blogspot.mx/>
- González, Y., González, O., Nungaray, J. (2005). Potencial del bagazo de *Agave* tequilero para la producción de biopolímeros y carbohidrasas por bacterias celulolíticas y para la obtención de compuestos fenólicos. revista e-Gnosis (online), núm. 3, 2005, Universidad de Guadalajara, México. Citado 28-06-2014 en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73000314> ISSN
- Gustavsson, L., Börjesson, P., Johansson, B., Svaningsson, P. (1995). Reducing CO₂ Emissions by Substituting Biomass for Fossil Fuels. *Energy* vol. 20 no.11: pp 1097-1113.
- Hikergoer, H. (2012). Definición de manta orgánica Ingeniería Ambiental y Paisajismo. Visto: 28-04-2015. En: <http://ingenieriaysteracionambiental.blogspot.mx/2012/06/definicion-de-manta-organica.html>
- Himmel, M., Ding, S., Johnson, D., Adney, W., Nimlos, M., Brady, J., Foust, T. (2007). Biomass recalcitrance: engineering plants and enzymes for biofuels production. *Science* vol. 315: pp. 804-807
- Hon, D. (2000). Pragmatic approaches to utilization of natural polymers: challenges and opportunities. In *Natural polymers and agrofibers based composites*. Brasil: Universidade de São Paulo Instituto de Química de São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária, Universidade Estadual Paulista-Facultad de Ciencias Agronómicas. Pp. 1-14
- Houghton, J., Weatherwax, S., Ferrell, J. (2006). Breaking the biological barriers to cellulosic ethanol: A joint research agenda. A research roadmap resulting from the biomass to biofuels workshop sponsored by the U.S. Department of Energy. December 7-9, 2005, Rockville, Maryland. 19 p.
- Howard, R., Abotsi, E., Jansen van Rensburg, E., Howard, S. (2003). Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzyme production. *African Journal of Biotechnology* vol. 2: pp. 602-619.
- Ibáñez, J., Moliner, R., Belsa, M. (2001). Procedimiento de preparación de briquetas combustibles sin humo con carbón y biomasa. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Oficina Española de Patentes y Marcas. No. Pub. 21 837 06. España. 6 p.
- Ichikawa, T., Mitsumura, Y., Nakajima, T. (1994). Water- sorption properties of poly (ϵ -Lysine): Carboxymethylcellulose (CMC) dietary complex films. *Journal of Applied Polymer Science* vol. 54 no. 1: pp. 105-112.

- IEA Bioenergy Task 34 for Pyrolysis: PYNE (Pyrolysis network) (2012). Citado: 05-03-2015.
De:
<http://www.pyne.co.uk/Resources/user/PyNe%20Newsletter%20Issue%2034%20January%2014%20PUBLISHED.pdf>.
- Ilangovan, K., Linerio, J., Álvarez, E., Briones, M., Noyola, A. (1996). Tratamiento anaerobio de vinazas tequileras. Biodegradación de compuestos orgánicos industriales 1. Instituto de Ingeniería, UNAM, México, D.F. pp. 38-51.
- IMPI (2014). Instituto Mexicano de Propiedad Industrial. Citado: 25-11-2014 En:
<http://www.impi.gob.mx/QuienesSomos/Documentos%20Varios/IA1994.pdf>
- Integradora de Ixtleros de Zacatecas S.A. de C.V. y Consultoría Kalan Kash S.C., (2009). Estudio orientado a identificar los mercados y canales de comercialización internacionales para la oferta de productos de ixtle con valor agregado. Citado: 02-02-2015. En:
http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/IXTLE.pdf
- Iñiguez, G., Fuentes, F., Langue, S., Rowell, R. (2007). 1 Bagazo de *Agave* como materia prima para la fabricación de Tableros Aglomerados. Fuentes, F.; Silva, J.; Ramos, J. (editores). Obtención de materiales compuestos empleando polímeros naturales. Cuerpo Académico en Ciencia y Tecnología de Materiales Lignocelulósicos. Departamento de Madera, Celulosa y Papel CUCEI-Universidad de Guadalajara. Editorial AMATE. Jalisco México. 327 p.
- Iñiguez, G., Lange, S., Rowell, M. (2001). Utilization of byproducts from the tequila industry: part 1: *Agave* bagasse as a raw material for animal feeding and fiberboard production. *Bioresource Technology* vol. 77: pp. 25-32.
- Iñiguez, G. (1999). Experiencias en el estudio de bagazo de *Agave* en casa Cuervo S.A. de C.V. Memorias del Foro de vinculación retos y oportunidades para el aprovechamiento de bagazo de maguey. Edita Gilberto Iñiguez Cobarrubias. 17 p.
- Jackson, M. (1977). The alkaline treatment of Straw. Review article. *Animal Feed Science Technology* vol. 2: 105-131
- Juárez, J., Ramírez, E., Ramírez, F., Ramón, L., Rodríguez, J. (2011). Aplicación y comparación de pretratamientos totalmente libres de cloro en residuos de piña (*Ananas comosus*) y zapote mamey (*Pouteria sapota*) para la obtención de carboximetilcelulosa. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* vol. 2 no. 1: pp. 108-126
- Khanna, S., Srivastava, A. (2005). Recent advances in microbial polyhydroxyalkanoates. *Process Biochemical*. Vol. 40, pp607-619.

- Klug, M. (2012). Pirólisis, un proceso para derretir la biomasa. *Revista de Química PUCP* vol. 26 no. 1-2: 4 p.
- Kosaric, N., and J. Velikonja. (1995). Liquid and gaseous fuels from biotechnology: challenge and opportunities. *Federation of European Microbiological Societies. Microbiology Reviews*. Volumen 16, February 1995: pp. 111–142
- Kunii, K., Octave, L. (1991): *Fluidization engineering*. 2nd edition. Butterworth-Heinemann Publisher. London. 491 p.
- Lynd, L., Weimer, P., Zil, H., Preterius, I. (2002). Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 66: 506-577.
- Maddern, N., French, J. (2002). The potential application of non-wood fibres in papermaking: an Australian perspective. *Appita Journal* vol. 48 no. 3: pp. 191-196
- Madrigal, J., Arias, A., Fausto, S. (2000). Evaluación de vinazas tequileras como sustrato para el cultivo en estado sólido y líquido para hongos filamentosos. Tesis profesional. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, División de Ciencias Biológicas y Ambientales. Zapopan, Jalisco. 52 p.
- Margeot, A. Hahn-Hagerdal, B. Edlund, M. Slade, R. Monot, F. (2009). New improvements for lignocellulosic ethanol. *Current Opinion in Biotechnol* vol. 20 no. 3: pp. 372-80
- Martínez, A. Íñiguez, G. Ortiz, D. López, Y. Bautista, A. (2013). Tiempos de apilado del bagazo del maguey mezcalero y su efecto en las propiedades del compost para sustrato de tomate. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* vol. 29 no. 3: pp. 209-216
- Mes-Hartree, M. Hogan, C. Hayes, R. Saddler, J. (1983). Enzymatic hydrolysis of agricultural residues by *Trichoderma* cellulases and the fermentation of the liberated sugars to etanol. *Biotechnology Letters* vol. 5 no. 2: pp. 101-106
- Mohanty, K., Misra, M., Hinrichsen, G. (2000). Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An Overview. *Journal Macromolecular Materials and Engineering* vol. 276/277 no. 1, pp. 1-65.
- Monte-Alegre, R., Rigo, M., Joekes, I. (2003). Ethanol fermentation of a diluted molasses medium by *Saccharomyces cerevisiae* immobilized on chrysolite. *Brazilian Archives of Biology and Technology* vol. 46: pp. 751-757
- Mora, A. (2013), Anuncian productores de mezcal primera edición de “Perlas de Michoacán”, *Diario digital Timonel.mx*, nota 9657. Morelia Michoacán, México. Profeco 2013. *Productos mexicanos con Denominación de Origen*. pp. 56-59.
- Narendra, R., Yang, Y. (2005). Biofibers from agricultural by products for industrial applications. *Trends in biotechnology* vol. 23 no. 1: pp. 22–27

- Nava, B. (2014). Diversidad genética de maguey pulquero (*Agave salmiana* y *A. mapisaga* Trel) y uso de tecnologías agroecológicas. Tesis maestría. Colegio de Postgraduados, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Campus Montecillo. Texcoco Estado de México. 235 p.
- Nieves, G., Héctor, S., Ayala, J. (2007). Fibras y artesanías con *Agave* en Jalisco. Vazquez, A., Cházaro, B., Hernández, Vera M., Flores, G. y Vargas, E. (eds.). *Agaves del occidente de México*. Serie Fronteras de Biodiversidad 3. Universidad de Guadalajara, CUCBA-CUCSH, Centro de Investigación y asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Consejo Regulador del Tequila, Louisiana State University, comisión Nacional Forestal. México. pp. 123-133.
- NOM-070-SCFI-1994. Norma Oficial Mexicana: Bebidas Alcohólicas. Mezcal. Citado: 06-06-2014. En: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/noficiales/NOM-070-SCFI-1994.PDF>
- Obert, E. (1973). *Internal Combustion Engines and Air Pollution*. 3a edición. Harper y Row, New York, NY. ISBN 0-352-04560-0.
- Olazar, M. (2014), Next Fuel. Portal de información y noticias sobre Biodiesel y energías renovables: Residuos, fuentes de energía alternativa al petróleo. Visto 14-marzo-2015 en: <http://biodiesel.com.ar/8820/residuos-fuentes-de-energia-alternativa-al-petroleo#more-8820>
- Otero, J. (2006). Procesos de Captura de CO₂. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España. *Publicación Ambienta* vol. 51: pp. 40-47
- Patrick, B. (2000). Nutritive value of residues of the mushroom industry for ruminants. Master of Science. Universidad Autónoma de Yucatán-University of Aberdeen. México. 50 p.
- Ramos, J., Ramos, R. (2012). Método para la extracción de subproductos de bagazo de *Agave azul tequilana weber*. Patente. Número de publicación: WO2012112018A, cita: MX2009001120A. <http://www.google.com/patents/WO2012112018A1?cl=es>
- Robinson, W. (1986). *The Solid Waste Handbook: A Practical Guide*. John Wiley & Sons: Nueva York.
- Robles, V., Villalobos, F. (2009). Vinazas Mezcaleras; un problema de contaminación ambiental. Seminario de Investigación. Instituto de Agroindustrias del Instituto Tecnológico de la Mixteca. Oaxaca, México. 20 p.
- Rodríguez, R., Alcantar, G., Iñiguez, G., Zamora, F., García, M., Ruiz, A., Salcedo, E. (2010). Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de *Agave tequilero*. *Journal Interciencia* [online] vol. 35 no. 7: pp. 515-520. Citado: 03-05-2015. En: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33914381008> ISSN 0378-1844

- Rodríguez, I. (2005). Evaluación del consumo del sustrato residual del basidiomiceto *Pleurotus ostreatus* en ovinos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. Yucatán, México. 26 p.
- Rosiles, L. (2012). Adquiere mezcal michoacano denominación de origen. Agencia Mexicana de Información y Análisis, Nota periodística. Citado 19-07-2014 en: <http://www.quadratin.com.mx/politica/Adquiere-mezcal-michoacano-denominacion-de-origen/>
- Rubin, E. (2008). Genomics of cellulosic biofuels. Nature Reviews vol. 454: pp. 841-845
- Salvador, M., Amigó, V., Nuez, A., Sahuquillo, O., Llorens, R., Martí, F. (2007). Caracterización de fibras vegetales utilizadas como refuerzo en matrices termoplásticas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Sánchez, V. (2014). Desarrollan bioetanol con desechos de la industria tequilera. 13 de octubre de 2014. Agencia Informativa Conacyt. México D.F. Citado: 29-11-2015. En: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/biotecnologia/270-bioetanol-tequila>
- Sandoval, G. (2011). Biocombustibles avanzados en Mexico, estado actual y perspectivas. Cuadernos temáticos sobre bioenergía. Red Mexicana de Bio Energía. México. No. 4, 44 p.
- Saucedo, J., Castro, A., Martínez, M., Campos, J. (2008). Obtención de etanol anhidro a partir de bagazo del *Agave tequilana Weber*. In: CD de memorias de la V Reunión Nacional de la Red Mexicana de Bioenergía. Morelia, Mich., México. Septiembre 2008.
- Schubert, R., Schellnhuber, H., Buchmann, N., Epiney, A., Grießhammer, R., Kulesa, M., Messner, D., Rahmstorf, S., Schmid, J. (2009). Future Bioenergy and Sustainable Land Use. WBGU (German Advisory Council on Global Change). Earthscan. Londres. 393 p.
- SEDRU (2014). Regiones socioeconómicas de Michoacán. Secretaria de Desarrollo Rural. Citado: 06 abril 2015 En: http://www.oeidrus.michoacan.gob.mx/images/Cartografia/PNG/otros/CPLADE_2015.pdf.
- Soto, C., Serratos, J., Ruíz, M. y García, P. (2005). Análisis proximal y de aminoácidos de los residuos de cosecha del hongo *Pleurotus* spp. Rev. Mex. Mic. Vol. 21: 49-53.
- Soto, C. y Arias, A. (2004). El cultivo de las setas (*Pleurotus* spp.). Una tecnología de producción de alimentos. Editorial Cuellar, Guadalajara, México. 227 p.
- Stewart, D., Azzini, A., Hall, A., Morrison, I. (1997). Sisal fibers and their constituent non-cellulosic polymers. Industrial Crops and Products 6(1):17-26.

- Toribio, E. (2011). Experimentación, modelado matemático y estimación de parámetros de la fermentación de mezclas de azúcares mediante un co-cultivo de *Pichia stipitis* y *Saccharomyces cerevisiae* para la obtención de Bioetanol. Tesis de Maestría, Universidad Iberoamericana. México. 111 p.
- Toyama, N., Ogawa, K. (1975). Sugar production from agricultural woody wastes by saccharification with *Trichoderma viride* cellulase. *Biotechnology and Bioenergy Symposium* vol. 5: pp. 225-244.
- Vasanth, V., Kumaran, A. (2005). Removal of methylene blue by mango seed kernel powder, *Biochemical Engineering Journal* vol. 27: pp. 83- 93
- Villaseñor, F. (2011). Agave como combustible. *Carbón Diversión América Latina S.A. De C.V. Boletín informativo, Red Mexicana de Bioenergía*, octubre 2011
- Yetgin, S., Çavdar, Ö., Çavdar, A. (2006). The effects of the fiber contents on the mechanic properties of adobes. *Journal Construction and Building Materials* vol. 30: pp. 30-30
- Zamudio, D., Pinos S., González, P., Robinson, D., García, O., Montañez, J. (2009). Effects of *Agave salmiana* Otto Ex Salm-Dyck silage as forage on ruminal fermentation and growth in goats. *Animal Feed Science and Technology* vol. 148: pp. 1-11.

VIII. ANEXOS

ANEXO A: ENCUESTA REALIZADA A MAESTROS MEZCALEROS DE MICHOACÁN:

1. Nombre maestro mezcalero: _____
2. Nombre de la vinata: _____
3. ¿Está integrado a algún grupo o asociación? **a.** no **b.** si ¿Cuál? _____
4. Tratándose de grupo o asociación, ¿cuantos maestros mezcaleros lo integran? _____
5. ¿En qué localidad y municipio se encuentra la vinata? _____
6. Además del *Agave cupreata*, ¿Qué otras especies usa para su producción de mezcal?

7. ¿De dónde obtiene sus plantas de *Agave*?
a. Plantación propia **b.** Recolección silvestre **c.** Las compra
8. En caso de comprar las piñas sería:
a. localmente **b.** En otro estado o región, ¿Cuál? _____
9. Al cosechar el *Agave*, ¿da algún uso a las pencas frescas?
a. Se quedan en el terreno **b.** Se colectan para usar en: _____
10. ¿En qué temporadas del año produce mezcal? _____
11. ¿Cuál es, en su vinata, la capacidad de horneada (toneladas) ? _____
12. ¿Cuántas horneadas hace por año aproximadamente? _____
13. ¿Tiene proyectado incrementar la producción de mezcal?
a. No, solo venderlo a mejor precio **b.** Si. ¿En qué proporción? _____
14. Durante este año 2014, ¿cuántas horneadas lleva realizadas en su vinata? _____
15. ¿Qué cantidad de bagazo o marrana queda de su proceso? _____
16. ¿Qué hace con el bagazo? _____
17. ¿Cuántos litros de vinaza quedan de su producción (caldo de desecho)? _____
18. ¿En dónde vierte este líquido vinaza? _____
19. ¿Sabe de algún uso para bagazo y/o vinaza? _____

ANEXO B: PROCESOS PARA LOS PRODUCTOS GENERADOS CON MATERIAL LIGNOCELULÓSICO DE *Agave*.

FIBRAS SIN TRANSFORMACIÓN:

Artículos artesanales; Macetas y/o tapetes. Se optó por describir los procesos para macetas y tapetes, ya que son los mejor conocidos para desarrollarse de forma industrial.

Procesos: lavado, hervido y teñido, cortado, asperjado, prensado (formado o costurado), acabado (laca), secado.

Maquinaria y equipo:

- El lavado: tinas con aspas y exprimido mediante centrifugado
- Hervido y teñido: Tambos de metal con canasta de maya metálica y combustión de leña o gas
- Cortadora
- Secado (sol, u horno rotatorio)
- Prensa (rodillo o molde)
- Aspersor para acabado

Materias Primas:

- Bagazo de *Agave*
- Laca o barniz
- Colorantes (opcional)

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial	X	Planta piloto		Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización		Técnico		Básica	X
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada		Imitable	X
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua	X	En serie		Pieza	

TIEMPO POR PROCESO: Horas (H), días (D), semanas (S)	D
Condición de producción: Ajustable a disposición de bagazo residual	
El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), Insuficiente (I)	M
CONSUMIDOR POTENCIAL	Mercados de artesanías, jardinerías, viveros, comercializadoras
Desechos que genera: Si /No	No

Comentarios:

El proceso implica el empleo de equipo y materiales relativamente comunes, que pueden adaptarse para la industrialización de estos productos a cualquier escala, para baja escala de producción pudiera contemplar una inversión modesta, la mano de obra requiere una instrucción muy básica para su correcto manejo, permitiría procesar de forma continua, con tiempos de proceso que pueden demorar algunos días por pieza, la limitante se encuentra en el abasto de materia prima, para lo cual se deberá diseñar un tamaño de planta acorde. Este proceso podría ser considerado cuando un solo productor de bagazo residual fuera el proveedor, aunque obviamente ampliar la escala de producción a una escala de acopio de bagazo de nivel regional sería de impacto importante en la economía de más familias, y podrían contemplarse nichos de mercado de mayor demanda, considerando que es muy amplio el sector a quien se podría dirigir el producto, iniciando con mercados de artesanías regionales y jardinerías cercanas, cuando las producciones son modestas; viveros y comercializadoras, si se proyectara a mayor escala.

Relleno de muebles y colchones:

Procesos: lavado, secado, asperjado, compactado, costurado

Maquinaria y equipo:

- El lavado: tinas con aspas y exprimido mediante centrifugado
- Secado (sol u horno rotatorio)
- Prensa (rodillos)
- Costuradora

Materias Primas:

- Bagazo de *Agave*

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial	X	Planta piloto		Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización		Técnico		Básica	X
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada		Imitable	X
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua	X	En serie	X	Pieza	
TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas:				D	
Condición de producción: Clientes generalmente son fuertes industrializadores que requieren producción continua y en gran volumen					
El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), Insuficiente (I)				I	
CONSUMIDOR POTENCIAL		Fábricas de colchones, asientos de automóviles y aviones, muebles con bases acojinadas			
GENERA DESECHOS (SI/NO)		No			

Comentarios:

El proceso implica el empleo de equipo industrial relativamente común, aunque para esta actividad los equipos tendrían que adaptarse a las especificaciones del cliente, con quien deberá existir una relación laboral previa, los volúmenes demandados que se puedan cubrir de forma constante es el factor determinante en la elección del cliente, dadas estas condiciones se prevería que el equipo empleado debe ser de grandes dimensiones por lo que la inversión sería relativamente elevada, la mano de obra requiere una instrucción muy básica para su correcto manejo, permitiría procesar de forma continua o en serie, con tiempos de proceso que pueden demorar algunos días por pieza, la limitante se encuentra en el abasto de materia prima, para lo cual se deberá diseñar un tamaño de planta acorde. Este proceso no podría ser considerado cuando un solo productor de bagazo residual fuera el proveedor, ampliar la escala de producción a una escala de acopio de bagazo nivel regional sería más razonable, el sector a quien se podría dirigir el producto es generando alianzas con industrializadoras ya establecidas para complementar su actividad: mueblerías, colchoneras, autopartes, etcétera.

Mantas Orgánicas (bioremediación):

Procesos: lavado, secado, asperjado, prensado, costurado.

Maquinaria y equipo:

- El lavado: tinas con aspas y exprimido mediante centrifugado
- Secado (solar u horno rotatorio)
- Prensa (rodillos)
- Costuradora

Materias Primas:

- Bagazo de *Agave*

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial	X	Planta piloto		Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización		Técnico		Básica	X
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada		Imitable	X
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua		En serie	x	Pieza	X
TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas					D
Condición de producción: Producción inconstante, sobre pedidos que generalmente serían de grandes dimensiones					
El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), Insuficiente (I)				I	
CONSUMIDOR POTENCIAL		Jardinería, paisajismo, obras civiles, agricultores de frutas y vegetales para evitar el contacto con el suelo, vertederos			
GENERA DESECHOS (SI/NO)		No			

Comentarios:

Este es un producto nuevo para cualquier posible consumidor, que compite con alternativas a base de materiales plásticos que si bien no son ecológicas, si están posicionadas en el mercado, requeriría un más arduo trabajo de marketing. El proceso de fabricación implica el empleo de equipo industrial relativamente común, para esta actividad los equipos tendrían que adaptarse a las dimensiones del terreno, es decir no pueden elaborarse con medidas estándar a menos que su empleo sea en agricultura. Dadas estas condiciones se prevería que el equipo empleado sea de grandes dimensiones también por lo que la inversión sería relativamente elevada, la mano de obra requiere una instrucción muy básica para su correcto manejo, permitiría procesar en serie o por pieza, con tiempos de proceso que pueden demorar algunos días por pieza. Este proceso, por lo tanto, no podría ser considerado cuando un solo productor de bagazo residual fuera el proveedor, ampliar la escala de producción a una escala de acopio de bagazo de nivel regional sería más razonable; el factor limitante para la producción de estas mantas es que para ser producidas a pequeña escala se requieren equipos grandes y para producirlas a gran escala se requiere un tiempo más prolongado de posicionamiento que un producto ya conocido, y esto implica un riesgo mayor al ser incierto el gusto por el material entre los nichos de mercado vislumbrados: jardinería, paisajismo, obras civiles, agricultores de frutas y vegetales para evitar el contacto con suelo, vertedero.

Bio sorbente (Filtro):

Procesos: lavado con agua destilada, secado, triturado, contacto con agua contaminada, agitación, centrifugación.

Maquinaria y equipo:

- El lavado: tinas con aspas y exprimido mediante centrifugado
- Horno de secado
- Trituradora

Para su empleo en:

- Tinas con agitación y centrifuga

Materias Primas:

- Bagazo de *Agave*

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial		Planta piloto		Laboratorio	X
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización		Técnico		Básica	X
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada		Imitable	X
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua	X	En serie		Pieza	
TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas:				H	
Condición de producción: clientes que requieren abasto continuo y en gran volumen					
El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), Insuficiente (I)				I	
CONSUMIDOR POTENCIAL		Industria textil			

GENERA DESECHOS (SI/NO)	No
------------------------------------	----

Comentarios:

Este producto, aunque sencillo de elaborar, requiere de clientes prefijados de industrias cuyos residuos consisten en aguas pigmentadas o contaminadas con algunos otros materiales, con demandas de volúmenes elevados y constantes, sin embargo, esta aplicación aún está en escala piloto por lo que además de representar un valor de comercialización bajo y contar con volúmenes de desecho reducidos, genera una gran incertidumbre sobre la adaptabilidad que pudiera tener en el mercado potencial.

Adobes y ladrillos:

Proceso: Suelo arcilloso: secado y cribado, determinación de humedad para la fórmula

Fibra: Lavado, secado al sol o en horno, cortado y pesado.

Mezclado, moldeado y secado

Maquinaria y equipo:

- El lavado: se pueden utilizar tinas con aspas giratorias y exprimido mediante centrifugado
- Cribadora de arena malla #6
- Cortadora de fibra
- Horno de secado hasta 250 °C
- Báscula
- Máquina compactadora de adobe (manual)
- Palas

Materias Primas:

- Bagazo de *Agave*
- Suelo arcilloso

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial	X	Planta piloto		Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización		Técnico		Básica	X
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada		Imitable	X
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua	X	En serie	X	Pieza	
TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas:				H ó D	
Condición de producción: Ajustable a disposición de bagazo residual					

El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), insuficiente (I)		M
CONSUMIDOR POTENCIAL	Industria construcción	
GENERA DESECHOS (SI/NO)	No	

Comentarios:

El proceso implica el empleo de equipo y materiales relativamente comunes que pueden adaptarse para la industrialización de estos productos a cualquier escala, para baja escala de producción pudiera requerir una inversión modesta, la mano de obra necesita una instrucción muy básica para su correcto manejo, permitiría procesar de forma continua, o en serie, con tiempos de proceso que pueden demorar algunos días u horas, dependiendo el equipo. Este proceso podría ser considerado cuando un solo productor de bagazo residual fuera el proveedor, aunque ampliar la escala de producción a una escala de acopio de bagazo de nivel regional sería de impacto importante en la economía de más familias y podrían contemplarse nichos de mercado de mayor demanda, el sector a quien se podría dirigir el producto es basto ya que siempre hay obras en construcción y su consumo sería local o regional.

Láminas tipo teja a base de fibras de bagazo de *Agave* y polipropileno

Molienda, tamizado, formulado y mezcla, secado, extrusión, y conformado, corte, empaquetado.

Maquinaria y equipo:

- El lavado: tinas con aspas y exprimido mediante centrifugado
- Molino
- Tamizador,
- Mezcladora,
- Extrusor y pelletizador (opcional)
- Extrusor para lamina (sin pelletizado previo)
- Estufa de secado,
- Banda transportadora,
- Cortadora

Materias primas:

- Fibra de bagazo de *Agave*
- Polipropileno,
- Agente acoplante,
- Aceite vegetal

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial		Planta piloto	x	Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización		Técnico	X	Básica	
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente	X	Muy especializada		Imitable	
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua	x	En serie		Pieza	
TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas:				H	
Condición de producción: Requieren gran volumen de producción para abastecer a la industria de la construcción					

El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), insuficiente (I)		I
CONSUMIDOR POTENCIAL	Industria de la construcción	
GENERA DESECHOS (SI/NO)	No	

Comentarios:

El proceso implica el empleo de equipo y materiales especializados, así como el asesoramiento de mano de obra especializada para la correcta formulación y elaboración del producto. La ventaja es que la maquinaria, materiales y equipo a emplear sí existe a nivel comercial, así como los expertos que podrían asesorar su instalación y puesta en marcha, es decir, es una propuesta tecnológica viable para su implementación comercial, con basta perspectiva de mercado en cualquier población, ya que siempre se están construyendo techos, pero la industria tendría que ser desarrollada a mediana o gran escala, bajo un esquema de producción continua, ya que los tiempos de proceso demoran horas, y la inversión en maquinaria, materiales y equipo, así como la especialización de la mano de obra lo ameritan.

Tableros Aglomerados:

Lavado de la fibra, molienda de fibra, tamizado, formación de tableros: impregnado de las fibras con resina fenólica por aspersión, sometiendo luego a presión y temperatura (190 °C/8 min), recortado (Iñiguez, 2007).

Maquinaria y equipo:

- El lavado: Tinas con aspas y exprimido mediante centrifugado
- Cortadora o trituradora de fibra
- Tamizadora
- Aspersor de resina fenólica
- Termoformadora (prensa)
- Cortadora de tablero aglomerado (Guillotina)

Materias primas:

- Fibra de bagazo de *Agave*
- Resina fenólica

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial	X	Planta piloto		Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización		Técnico	X	Básica	
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada		Imitable	X
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua	X	En serie	X	Pieza	
TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas:				H	
Condición de producción: Requieren producción en gran volumen para abastecer a la industria de la construcción					
El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta:				I	
Excesivo (E), Manejable (M), Insuficiente (I)					

CONSUMIDOR POTENCIAL	Industria de la construcción
GENERA DESECHOS (SI/NO)	No

Comentarios:

El proceso implica el empleo de equipo y materiales especializados, mismos que si se encuentran dispuestos a nivel comercial, requiere el de mano de obra a nivel técnico para la correcta formulación y elaboración del producto. La perspectiva de mercado es basta en cualquier población, ya que siempre se están construyendo casas y muebles en los que se pueden emplear los tableros, pero la industria tendría que ser desarrollada a mediana o gran escala, bajo un esquema de producción continua o en serie, ya que los tiempos de proceso demoran horas, y la inversión en maquinaria, materiales y equipo, así como la tecnificación de la mano de obra lo ameritan.

SUSTRATOS

Hongos comestibles:

Procesos: el cultivo de hongos comestibles en bolsa; se desarrolla mezclando sustratos como bagazo de *Agave*, arcilla, paja, cascara de café, cáscara de cacahuate, etc., en diferentes proporciones (Conrado *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2010). Se considerará hacer mezclas con bagazo de *Agave* al 50 %.

- Lavado
- Mezclado de sustratos
- Humectado de la mezcla de sustratos hasta saturación
- Fermentación aerobia con remoción periódica
- Pasteurización (hervido o sometido a vapor caliente)
- Enfriado natural hasta 28 °C
- Aplicación de inóculo al 5 % y mezclado
- Embolsado (1-20 kg) y perforado de las mismas (fin del producto ofertado)

Uso:

- Fase incubación: 24-28 °C, sin iluminación, 15-20 días
- Fase fructificación: 15-20 °C, humedad relativa 90-95 % (riegos 3-5 día por 5 minutos y 1 noche por 20 minutos), iluminación 12 h/día, 2 h ventilación con aire húmedo después de c/ riego.
- Cosechas entre los 28 y 70 días (2 o 3 meses)

(Soto *et al.*, 2005; Soto y Arias 2004).

Maquinaria y equipo:

- Climatización
- Pasteurizador (bote de metal con canastilla de metal para hervir el bagazo)
- Estantería para las bolsas ya formadas
- Mangueras y aspersores para riego

Materias Primas

- Bagazo de *Agave*
- Otro sustrato a mezclar con el bagazo de *Agave* (paja)
- Inóculo del hongo
- Bolsas

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial	X	Planta piloto		Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización		Técnico	X	Básica	
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada		Imitable	X
TIPO DE PRODUCCION					
Continua	X	En serie	X	Pieza	
TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas:				D	
Condición de producción: requerimiento equivalente a un medio o un tercio de la mezcla para sustrato cada 3 a 4 semanas.					
El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), Insuficiente (I)				M	
CONSUMIDOR POTENCIAL		Productores de hongos			
GENERA DESECHOS (SI/NO)		Si: Bolsas de plástico			

Comentarios:

El proceso implica el empleo de equipo y materiales muy comunes, que pueden adaptarse para la industrialización de estos productos a cualquier escala, pudiendo contemplar una inversión modesta, la mano de obra requiere una instrucción a nivel técnico para su correcto manejo, permitiría procesar de forma continua, o en serie, con tiempos de proceso que demorarían algunos días. Este proceso podría ser considerado cuando un solo productor de bagazo residual fuera el proveedor y abasteciera una producción abundante equivalente a dos toneladas mensuales de sustrato, y el consumidor objetivo serían productores de hongos en la región.

Composta (mejorador o acondicionador de suelo):

Procesos: el bagazo residual es sometido a un proceso de composteo o vermicomposteo, posteriormente se aplica un pretratamiento utilizando nitrato de amonio (NH₄NO₃) como fuente de nitrógeno para ajustar la relación C:N (Carbono-Nitrógeno) del bagazo a 25:1. Encostalado.

Maquinaria y equipo:

- Pala
- Contenedores

Materias primas:

- Bagazo de *Agave*
- Tierra
- Lombriz (opcional)
- Nitrato de amonio

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial	X	Planta piloto		Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización		Técnico		Básica	X
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada		Imitable	X
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua		En serie	x	Pieza	
TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas:				S	
Condición de producción: Ajustable a disposición de bagazo residual					
El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), Insuficiente (I)				M	
CONSUMIDOR POTENCIAL		Agricultores			

GENERA DESECHOS (SI/NO)	No
------------------------------------	----

Comentarios:

El proceso implica el empleo de equipo y materiales muy comunes, que pueden adaptarse para la industrialización de estos productos a cualquier escala, pudiendo contemplar para baja escala nula inversión, ya que se elabora con material cotidiano para los campesinos como lo son las palas y maderos para servir de contenedores, la mano de obra requiere una instrucción a nivel básico para su correcto manejo, permitiría un sistema de producción en serie, con tiempos de proceso que demorarían semanas. Este proceso podría ser considerado cuando un solo productor de bagazo residual fuera el proveedor y podría ser utilizado para los cultivos locales, el consumidor objetivo serian agricultores en la región, aunque este manejo representa un uso ecológico, no reflejaría un alto valor comercial.

Biopolímeros:

Procesos: lavado de fibra, cortado, pretratamiento (pulpeo mecánico), fermentación aerobia (bacterias, y nutrientes); contempla dos etapas: crecimiento y producción del plástico. Recuperación del polímero mediante solventes orgánicos como cloroformo para disolver el polímero e hipoclorito de sodio para la proteína, evaporar los líquidos para obtener el polímero. Polvo para pelletizar.

Maquinaria y equipo:

- El lavado: tinas con aspas y exprimido mediante centrifugado
- Cortadora o trituradora de fibra
- Tamizadora
- Máquina de pulpeo mecánico
- Fermentador, con agitación y temperatura para evaporación
- Extrusor y pelletizador

Materias primas:

- Fibra de bagazo de *Agave*
- Bacterias nutrientes
- Cloroformo
- Hipoclorito de sodio

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial		Planta piloto	X	Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización	X	Técnico		Básica	
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada	X	Imitable	
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua		En serie	X	Pieza	
TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas:				S	
Condición de producción: indeterminado (desarrollo de tecnología a nivel laboratorio)					

El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), Insuficiente (I)		I
CONSUMIDOR POTENCIAL	Laboratorios de fabricación de productos quirúrgicos	
GENERA DESECHOS (SI/NO)	Si	

Comentarios:

El proceso implica el empleo de equipo y materiales especializados, aunque disponibles a nivel comercial, la escala de la planta debiera ser mediana o grande ya que así es el consumo de polímeros, además de que se contemplaría una inversión elevada, la mano de obra requiere una alta especialización para su correcto manejo, permitiría procesar en serie, con tiempos de proceso que demorarían semanas. E implica un elevado riesgo de éxito ya que solo se ha desarrollado a escala de laboratorio e implica el manejo de bacterias que por ser elementos vivos en manipulación pueden enfermar o morir de forma intempestiva. Dado que el producto final son polímeros de alta especialización (polvo de polímero), deberá buscarse como mercado objetivo laboratorios especializados en la producción o aplicación de los mismos para uso médico o quirúrgico, por ejemplo.

Ensilado (alimento para ganado):

Embolsado con mezcla de otros materiales nutricionales como: paja, trigo, sorgo, avena, garbanzo), extracción del aire, almacenaje.

Maquinaria y equipo:

- Pala
- Aspiradora

Materias primas:

- Bagazo de *Agave*
- Bolsas de plástico
- Otros alimentos (paja, trigo, sorgo, avena, garbanzo, etc.)

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial	X	Planta piloto		Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización		Técnico		Básica	X
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada		Imitable	X
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua		En serie	X	Pieza	
TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas:				S	
Condición de producción: Ajustable a disposición de bagazo residual					
El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), insuficiente (I)				M	
CONSUMIDOR POTENCIAL		Ganaderos			
GENERA DESECHOS (SI/NO)		Si: bolsas de plástico			

Comentarios:

El proceso implica el empleo de equipo y materiales comunes, que pueden adaptarse para la industrialización de estos productos a cualquier escala, para baja escala de producción pudiera contemplar una inversión modesta, la mano de obra requiere una instrucción muy básica para su correcto manejo, permitiría procesar de forma continua, o en serie, con tiempos de proceso que demoran semanas. Este proceso podría ser considerado cuando un solo productor de bagazo residual fuera el proveedor, y considerando que las zonas mezcaleras son también ganaderas, representa una alternativa de autobeneficio para los productores que generan el alimento para su ganado, a pesar de que la literatura mencione que aún ensilado el bagazo no logra deslignificarse y continua siendo poco digestible, el empleo de este en la región es común, ensilarlo representa una ventaja al poder mantenerlo disponible y almacenarlo durante periodos prolongados de tiempo.

OBTENCIÓN DE CELULOSA Y LIGNINA

El proceso kraft es el más empleado para producir celulosa y se puede recuperar la lignina para darle uso.

Proceso: pulpeo mecánico, filtrado y lavado de fibra de celulosa (centrifuga o filtro prensa), blanqueo, refinado.

De aquí se comercializaría para que el cliente continúe con otros procesos para obtener otro producto final.

Maquinaria y equipo:

- El lavado: tinas con aspas y exprimido mediante centrifugado
- Digestor
- Máquina de lavado y depuración
- Tinas de blanqueo
- Refinador de celulosa y secado.

Materias primas:

- Fibra de bagazo de *Agave*
- Químicos para digestión

A partir de la celulosa se obtienen varios productos, requiriendo para ello de procesos adicionales, por mencionar algunos de estos posibles productos derivados de la celulosa: Papel, CMC (Carboxi metil celulosa), la cual se obtiene mediante pretatamiento Térmico-Alcalino-Oxidativo y luego esterificación directa (Juárez *et al.*, 2011) y fenoles; obtenidos a partir de la lignina recuperada.

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial	X	Planta piloto		Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización	X	Técnico		Básica	
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada	X	Imitable	
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua	X	En serie		Pieza	

TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas:		D
Condición de producción:		
El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), Insuficiente (I)		I
CONSUMIDOR POTENCIAL	Papeleras, industrias de alimentos, de fármacos, cosmética, etc.	
GENERA DESECHOS (SI/NO)	Si	

Comentarios:

El proceso implica el empleo de equipo y materiales especializados, aunque disponibles a nivel comercial, la escala de la planta debiera ser mediana o grande ya que así es el consumo industrial de celulosa y lignina. Además de que se contemplaría una inversión elevada, la mano de obra requiere una alta especialización para su correcto manejo, permitiría procesar de forma continua, con tiempos de proceso que demorarían días. Los mercados a quienes podría dirigirse la producción son las industrias productoras de papel, alimentos, fármacos, cosméticos, etc. Sin embargo, tiene el inconveniente de ser una industria con alta generación de residuos contaminantes.

COMBUSTIBLES

Pirolisis:

Proceso: molido y secado del bagazo de *Agave*, dosificación y alimentación, transformación, obtención y separación de los productos.

Maquinaria y equipo:

- Molino
- Horno de secado
- Silo de almacenamiento, dosificación y alimentación
- Reactor: Atmósfera sin oxígeno, alta temperatura
- Tanque gas Nitrógeno
- Ciclón (recuperación de carbón)
- Condensador de aceites
- Tanque almacenamiento de aceite
- Filtro
- Recuperación de gas.

Materias primas:

- Fibra de bagazo de *Agave*
- Nitrógeno

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial	X	Planta piloto		Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización	X	Técnico		Básica	
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada	X	Imitable	
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua	X	En serie		Pieza	
TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas:				H	

Condición de producción:	
El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), Insuficiente (I)	I
CONSUMIDOR POTENCIAL	Industrias con actividades que requieran, en sus procesos, de energía liberada mediante una reacción de combustión, y algunos gases generados pueden ser dispuestos para elaborar productos comestibles o farmacológicos
GENERA DESECHOS (SI/NO)	Si

Comentarios:

El proceso implica el empleo de equipo y materiales especializados, aunque disponibles a nivel comercial, la escala de la planta debiera ser mediana o grande ya que la inversión requerida en maquinaria y la alta especialización de mano de obra necesaria así lo ameritan. El manejo del equipo en cuestión, por ejemplo, de gasto energético, implica un sistema de procesamiento continuo, rápido y en grandes volúmenes. Este proceso genera varios productos que podrían dirigirse a varios mercados, pero en general serían potenciales consumidores quienes realicen actividades industriales o que no incurran en procesos que requieran energía liberada mediante una reacción de combustión; incluso algunos gases generados pueden ser dispuestos para las industrias alimentaria y farmacéutica.

Pellets y briquetas:

Las briquetas se forman generalmente haciendo pasar la biomasa seca a través de un troquel cilíndrico partido, usando un vástago hidráulico. La presión ejercida y el calor resultante generado aglomeran las partículas en forma de “leños” artificiales.

La producción de bolas o pellets supone la reducción de los residuos al tamaño del serrín, y luego se secan aproximadamente al 12 % de contenido de humedad antes de la extrusión en molinos agrícolas especialmente adaptados para formar cilindros de unos 6 a 18 mm de diámetro y de 15 a 30 mm de largo. El secado de la materia antes de su extrusión se suele realizar en secadoras de tambores giratorios, caldeadas por un 15 a 20 % de la producción de la planta (Cabezas, 2009).

Maquinaria y equipo:

- Trituradora
- Secadora
- Briqueteadora y/o pelletizadora

Materias primas:

- Bagazo de *Agave*

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial	X	Planta piloto		Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización		Técnico		Básica	X
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada		Imitable	X
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua	X	En serie	X	Pieza	
TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas:				H	
Condición de producción: Ajustable a disposición de bagazo residual					

El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), Insuficiente (I)		M-I
CONSUMIDOR POTENCIAL	Hornos y calderas que empleen leña para su funcionamiento	
GENERA DESECHOS (SI/NO)	NO	

Comentarios:

El proceso implica el empleo de equipo y materiales relativamente comunes, que pueden adaptarse para la industrialización de estos productos a cualquier escala, para baja escala de producción pudiera contemplarse una inversión modesta, la mano de obra requiere una instrucción muy básica para su correcto manejo, permitiría procesar de forma continua o en serie, con tiempos de proceso que pueden demorar algunas horas por pieza. Este proceso podría ser considerado cuando un solo productor de bagazo residual fuera el proveedor, podría incluso formar parte del proceso de elaboración del mezcal ya que estos pellets y briquetas podrían emplearse para la cocción de las piñas, aunque ampliar la escala de producción a una escala de acopio de bagazo de nivel regional sería de impacto importante en la economía de más familias, y podrían contemplarse nichos de mercado de mayor demanda considerando que es muy amplio el sector a quien se podría dirigir el producto, desde el suministro de estos a otras vinatas, o cualquier actividad industrial que requiera energía liberada por la combustión de estos materiales.

VIAS BIOQUIMICAS PARA LA TRANSFORMACIÓN DE BIOMASA EN COMBUSTIBLE:

a) Bio metanación:

Proceso: Ciertos microorganismos en ausencia de aire degradan la materia orgánica mediante una serie de reacciones químicas que las llevan a producir CO₂ y CH₄. Este proceso depende de ciertos factores físicos, del Ph, y del tiempo de retención. La lignina es afectada ligeramente y se encuentra en los Flujos de desperdicios (Gamboa y Jiménez, 1992).

Maquinaria y equipo:

- Alimentador
- Digestor anaerobio con agitador (bolsa)
- Extractor de calor
- Salida del biogás para combustión o generación de electricidad

Materias primas:

- Bagazo de *Agave*

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial	X	Planta piloto		Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización		Técnico	X	Básica	
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada		Imitable	X
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua	X	En serie		Pieza	
TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas:				D o S	
Condición de producción: Ajustable a disposición de bagazo residual					
El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), Insuficiente (I)				M	

CONSUMIDOR POTENCIAL	Autoconsumo por parte de los productores de mezcal, generando gas como energía de combustión que puede emplearse en hornos, o para la generación de electricidad, y un lodo residual que se puede emplear como composta o como alimento para ganado.
GENERA DESECHOS (SI/NO)	No

Comentarios:

El proceso implica el empleo de equipo y materiales disponibles comercialmente, y relativo bajo costo de inversión. La mano de obra requiere una instrucción a nivel técnico para su correcto manejo, permitiría procesar en forma continua. Los tiempos de proceso pueden demorar algunos días o semanas. Este proceso podría ser considerado cuando un solo productor de bagazo residual fuera el proveedor, podría incluso formar parte del proceso de elaboración del mezcal, ya que podrían emplearse para la cocción de las piñas y además emplearse como generador de electricidad, dado que siempre debe tener salida el gas generado para evitar explosiones, produciendo, además, un lodo que resulta ser una excelente composta o alimento más digerible para el ganado; el inconveniente es que la fermentación del bagazo residual de *Agave* tardaría mucho en realizarse y posiblemente no se lograría una completa fermentación del material esto a causa de la lignina que lo conforma.

b) Fermentación: Bioetanol y butanol:

Pretratamiento: rompimiento de la estructura de la matriz lignocelulósica; Hidrólisis física y/o química.

Hidrólisis enzimática: despolimerización de la celulosa a glucosa por medio de enzimas celulolíticas

Fermentación: metabolización de la glucosa en etanol o butanol, generalmente por cepas de levaduras.

Destilación – Rectificación – Deshidratación: Separación y purificación de etanol o butanol a las especificaciones del combustible (Castro *et al.*, 2009).

Maquinaria y equipo:

- Máquina de pulpeo mecánico
- Fermentador
- Destilador: Purificación del etanol o butanol

Materias primas:

- Bagazo de *Agave*
- Enzimas celulolíticas
- Levaduras

TABLA DE INDICADORES					
TECNOLOGÍA DISPONIBLE					
Industrial	X	Planta piloto		Laboratorio	
ESPECIALIZACIÓN DE MANO DE OBRA					
Alta especialización	X	Técnico		Básica	
INFRAESTRUCTURA DISPONIBILIDAD					
Inexistente		Muy especializada		Imitable	X
TIPO DE PRODUCCIÓN					
Continua		En serie	X	Pieza	

TIEMPO POR PROCESO (H)Horas, (D)días, (S)semanas:		D ó S
Condición de producción:		
El abasto de una tonelada mensual de bagazo resulta: Excesivo (E), Manejable (M), Insuficiente (I)		I
CONSUMIDOR POTENCIAL	Automotores, industrias con maquinaria adaptada a este material para su combustión	
GENERA DESECHOS (SI/NO)	Si	

Comentarios:

El proceso implica el empleo de equipo y materiales especializados, que sí existen de forma comercial, pero que pudieran representar una inversión un poco elevada, la mano de obra requiere una instrucción también especializada para su correcto manejo, permitiría producciones en serie, con tiempos de proceso que pueden demorar algunos días o semanas, dependiendo el equipo. Este proceso no podría ser considerado cuando un solo productor de bagazo residual fuera el proveedor, ya que la inversión en que se incurriría y los litros de combustible a obtener para su comercialización, solo se justificaría con un tamaño de planta mediano o grande. Los nichos de mercado que podrían considerarse son desde los automotores hasta otras industrias con maquinaria que se adapte a estos combustibles.